Instalações Elétricas Residenciais

Curso Profissional

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - NOÇÕES GERAIS SOBRE A ELETRICIDADE

CAPÍTULO 2 - CIRCUITOS ELÉTRICOS RESIDENCIAIS

CAPÍTULO 3 - CONDUTORES ELÉTRICOS

CAPÍTULO 4 - PROTEÇÃO E SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

CAPÍTULO 5 - PROJETO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

CAPÍTULO 6 - EXECUÇÃ*O DO PROJETO ELÉTRICO*

CAPÍTULO 7 - ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

ANEXOS

CAPÍTULO 1

NOÇÕES GERAIS SOBRE A ELETRICIDADE

São abordados neste Capítulo diversos aspectos sobre a eletricidade, de uma forma simplificada, buscando oferecer uma visão geral sobre o assunto.

Para maiores informações, deve-se procurar uma literatura técnica especializada.

Também são apresentadas informações, de uma maneira bastante resumida, sobre a: CEMIG, ANEEL, PROCEL, ABNT e INMETRO.

1.1 - Energia

Energia é a capacidade de produzir trabalho e ela pode se apresentar sob várias formas:

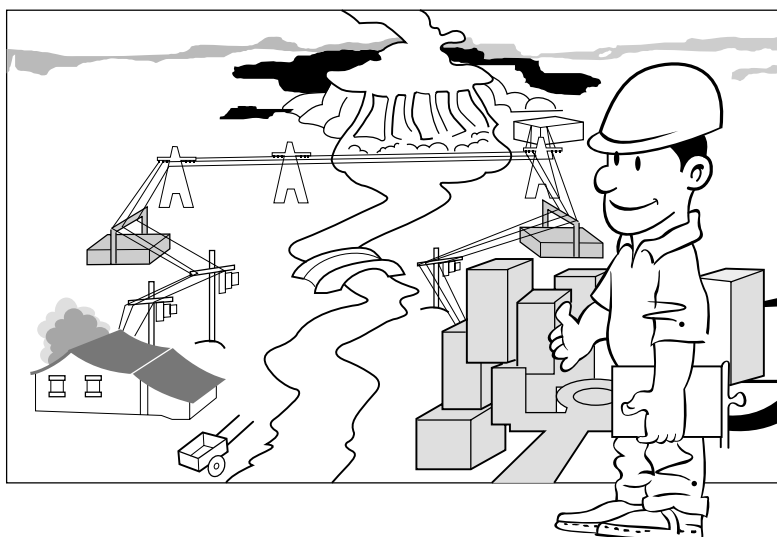
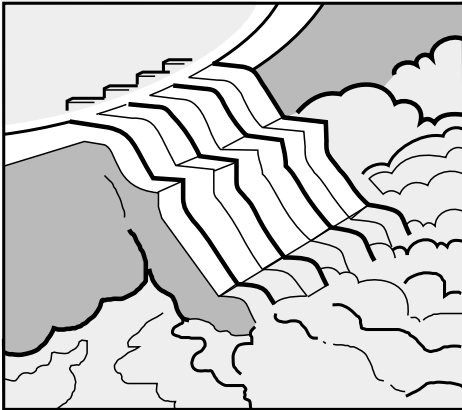
- energia Térmica;
- energia Mecânica;
- energia Elétrica;
- energia Química;
- energia Atômica, etc.

Uma das mais importantes características da energia é a possibilidade de sua transformação de uma forma para outra.

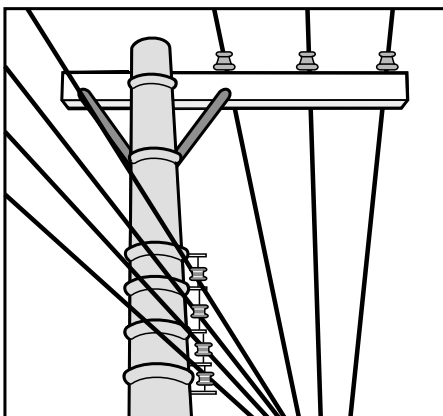
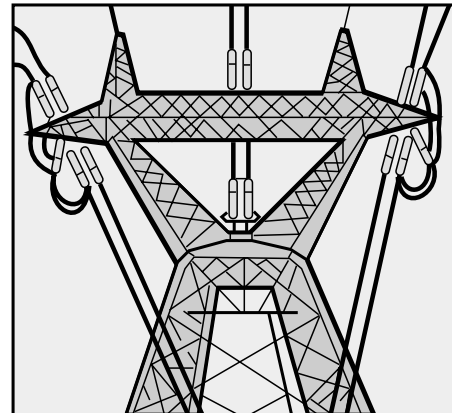
Por exemplo: a energia térmica pode ser convertida em energia mecânica (motores de combustão interna), energia química em energia elétrica (pilhas) etc.

Entretanto, na maioria das formas em que a energia se apresenta, ela não pode ser transportada, ela tem que ser utilizada no mesmo local em que é produzida.

1.1.1 - Energia Elétrica

A energia elétrica é uma forma de energia que pode ser transportada com maior facilidade. Para chegar em uma casa, nas ruas, no comércio, ela percorre um longo caminho a partir das usinas geradoras de energia.

A energia elétrica passa por 3 principais etapas:

a) Geração: - A energia elétrica é produzida a partir da energia mecânica de rotação de um eixo de uma turbina que movimenta um gerador. Esta rotação é causada por diferentes fontes primárias, como por exemplo, a força da água que cai (hidráulica), a força do vapor (térmica) que pode ter origem na queima do carvão, óleo combustível ou, ainda, na fissão do urânio (nuclear).

A CEMIG valendo-se das características do Estado de Minas Gerais onde são inúmeras as quedas d'água tem, na força hidráulica, a sua principal fonte de energia primária. Portanto, as usinas da CEMIG são em grande maioria, hidroelétricas.

b) Transmissão: - As usinas hidroelétricas nem sempre se situam próximas aos centros consumidores de energia elétrica. Por isso, é preciso transportar a energia elétrica produzida nas usinas até os locais de consumo: cidades, indústrias, propriedades rurais, etc. Para viabilizar o transporte de energia elétrica, são construídas as Subestações elevadoras de tensão e as Linhas de Transmissão.

c) Distribuição: - Nas cidades são construídas as subestações transformadoras. Sua função é baixar a tensão do nível de Transmissão (muito alto), para o nível de Distribuição.

A Rede de Distribuição recebe a energia elétrica em um nível de tensão adequado à sua Distribuição por toda a cidade, porém, inadequada para sua utilização imediata para a maioria dos consumidores. Assim, os transformadores instalados nos postes das cidades fornecem a energia elétrica diretamente para as residências, para o comércio e outros locais de consumo, no nível de tensão (127/220 Volts, por exemplo), adequado à utilização.

As etapas de Geração, Transmissão, Distribuição e da utilização da energia elétrica, podem ser assim representadas:

1.2 – Evolução da Eletricidade

Ao longo do tempo, a eletricidade foi marcada pela evolução técnica e pelos desenvolvimentos científicos, estendendo-se a diversos campos da ciência e a inúmeras aplicações práticas. Será apresentada a seguir, uma abordagem simples sobre a evolução da eletricidade.

A palavra Eletricidade provém do latim *electricus*, que significa literalmente "produzido pelo âmbar por fricção". Este termo tem as suas origens na palavra grega para âmbar elektron.

O filósofo grego, Tales de Mileto, ao esfregar um pedaço de âmbar numa pele de carneiro, observou que este atraía pedaços de palha.

Em 1600 William Gilbert estudando esses fenômenos, verificou que outros corpos possuiam a mesma propriedade do âmbar. Designou-os com o nome latino "electrica".

A partir de 1729, Stephen Gray descobriu a condução da eletricidade, distinguindo entre condutores e isolantes elétricos, bem como, da indução eletrostática.

Benjamin Franklin descobriu em 1750 que, os relâmpagos são o mesmo que descargas elétricas e inventou o pára-raios.

Charles Augstin de Coulomb publicou em 1785, estudos sobre medição das forças de atração e repulsão entre dois corpos eletrizados (Lei de Coulomb).

Em 1788 James Watt construiu a primeira máquina a vapor. Esse invento que impulsionou a 1ª Revolução Industrial. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de potência elétrica: **Watt (W)**.

Foi fundado na Inglaterra em 1799, o *Royal Institution of Great Britain* que ajudou o campo de investigação da eletricidade e magnetismo.

Também em 1799, Alessandro Volta provou que a eletricidade podia ser produzida utilizando metais diferentes separados por uma solução salina. Volta utilizou discos de cobre e zinco separados por feltro embebido em ácido sulfúrico para produzir este efeito. Alessandro Volta explicou a experiência de Luigi Aloísio Galvani em 1786, colocando entre dois metais a perna de uma rã morta, produzindo contrações nesta. Ao agregar estes discos uns por cima dos outros, Volta criou a pilha elétrica. A pilha foi a primeira forma controlada de eletricidade contínua e estável. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de medida de potencial elétrico: Volt (V).

Em 1819, Hans Christian Oersted detectou e investigou a relação entre a eletricidade e o magnetismo (eletromagnetismo).

André Marie Ampère desenvolveu em 1820, um estudo e estabeleceu as leis do eletromagnetismo. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de medida de intensidade de corrente elétrica: **Ampère (A)**.

Em 1827, Joseph Henry iniciou uma série de experiências eletromagnéticas e descobriu o conceito de indução elétrica, construindo o primeiro motor elétrico.

Também em 1827, Georg Simon Ohm, trabalhando no campo da corrente elétrica desenvolveu a primeira teoria matemática da condução elétrica nos circuitos: Lei de Ohm. O trabalho só foi reconhecido em 1841. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de resistência elétrica: **Ohm (Ω)**.

Em 1831, Michel Faraday descobriu o fenômeno da indução eletromagnética, explicando que é necessária uma alteração no campo magnético para criar corrente. Faraday descobriu que a variação na intensidade de uma corrente elétrica que percorre um circuito fechado, induz uma corrente numa bobina próxima. Observou também, uma corrente induzida ao introduzir-se um imã nessa bobina. Estes resultados tiveram uma rápida aplicação na geração de corrente elétrica.

Em 1838, Samuel Finley Breese Morse conclui o seu invento do telégrafo.

Em 1860, Antonio Pacinotti construiu a primeira máquina de corrente contínua com enrolamento fechado em anel. Nove anos depois, Zénobe Gramme apresentou a sua máquina dínamo - elétrico, aproveitando o enrolamento em anel.

Em 1875 foi instalado, em uma estação de trem em Paris, um gerador para ascender as lâmpadas da estação, através da energia elétrica. Foram fabricadas máquinas a vapor para movimentar os geradores.

A distribuição de eletricidade é feita inicialmente em condutores de ferro, posteriormente de cobre e a partir de 1850, os fios são isolados por uma goma vulcanizada.

Em 1873 foi realizada pela primeira vez a reversibilidade das máquinas elétricas, através de duas máquinas Gramme que funcionavam, uma como geradora e a outra como motora. Ainda neste mesmo ano foi publicado o Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo por James Clerk Maxwell. Este tratado, juntamente com as experiências levadas a efeito por Heinrich Rudolph Hertz em 1885 sobre as propriedades das ondas eletromagnéticas geradas por uma bobina de indução, demonstrou que as ondas de rádio e luz são ondas eletromagnéticas, diferindo apenas na sua freqüência.

Em 1876, Alexandre Graham Bell patenteou o primeiro telefone com utilização prática.

Thomas Alvas Edison fêz uma demonstração pública de sua lâmpada incandescente, em 1879. Essa lâmpada possibilitou o fim da iluminação feita através de chama de azeite, gás, etc, que foi substituída pela iluminação de origem elétrica. No mesmo ano, Ernest Werner von Siemens pôs em circulação, em uma exposição em Berlim, o primeiro comboio movido a energia elétrica.

A primeira central hidroelétrica foi instalada em 1886 nas cataratas do Niágara.

Na década subseqüente foram ensaiados, os primeiros transportes de energia elétrica em corrente contínua. Máquinas elétricas como o alternador, o transformador e o motor assíncrono foram desenvolvidos ao ser estabelecida a supremacia da corrente alternada sobre a corrente contínua.

Gugliemo Marchese Marconi aproveitando estas idéias dez anos mais tarde, utiliza ondas de rádio no seu telégrafo sem fio. Em 1901 foi transmitida a primeira mensagem de rádio através do Oceano Atlântico.

O elétron, partícula de carga negativa presente no átomo, foi descoberto por Joseph Jone Thompson em 1897.

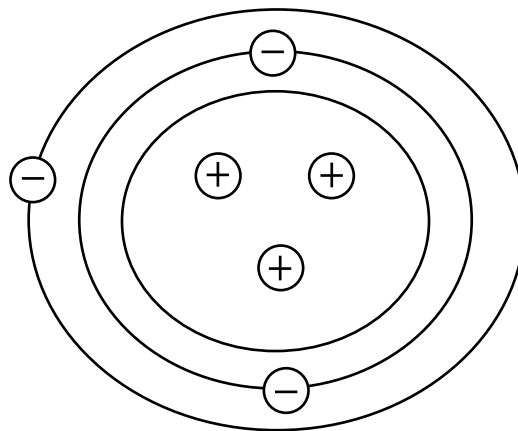
Em 1907 Ernest Rutherford, Niels Bohr e James Chadwick estabeleceram a atual definição de estrutura do átomo, até então, considerada a menor porção de matéria não divisível.

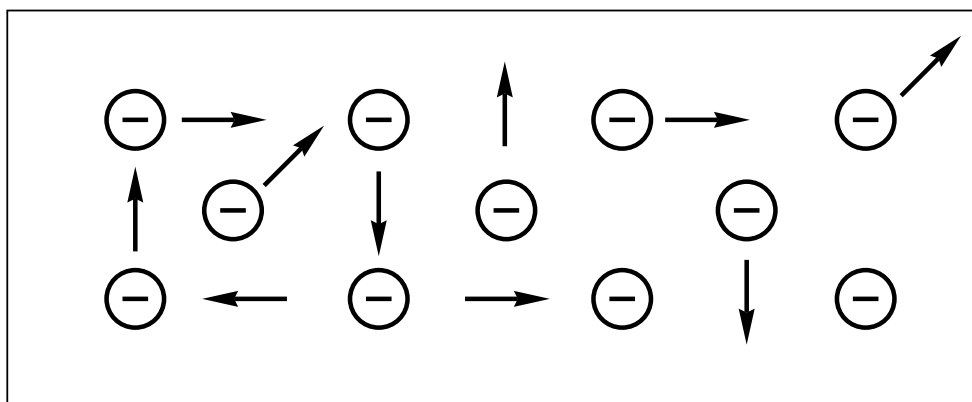
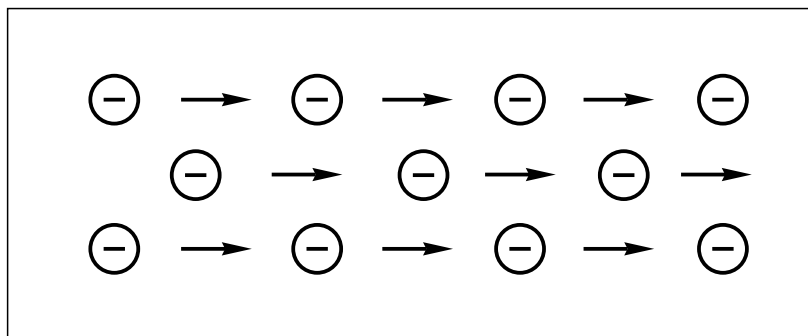
1.3 - Tensão e Corrente Elétrica

Todas as substâncias, gasosas, líquidas ou sólidas, são constituídas de pequenas partículas invisíveis a olho nu, denominadas átomos.

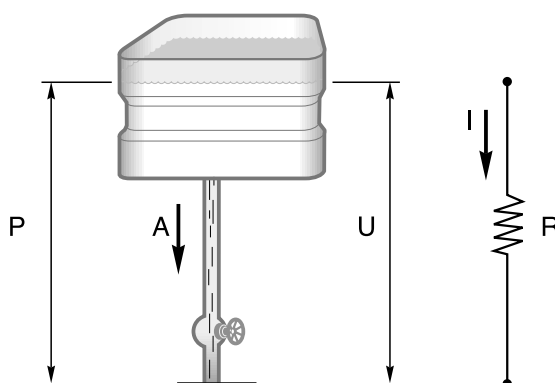
O átomo é composto de três partículas básicas: **Prótons**, **Nêutrons** e **Elétrons**.

Os Prótons e os Nêutrons formam o núcleo do átomo. O Próton tem carga positiva e Nêutron não possui carga elétrica. As suas massas são equivalentes.

O Elétron possui uma carga negativa e a sua massa, por ser muito pequena, é desprezível.

Em um átomo, o número de Elétrons é igual ao número de Prótons, sendo portanto, o átomo eletricamente neutro, pois a soma das cargas dos Elétrons (negativas) com as cargas dos Prótons (positivas) é igual a zero.

Os Elétrons existentes em um condutor de eletricidade (ver Capítulo 3 página 64), estão em constante movimento desordenado.

Para que estes elétrons se movimentem de forma ordenada nos fios, é necessário ter uma força que os empurre. Essa força é chamada de Tensão Elétrica (U). Sua unidade de medida é o Volt. O símbolo desta unidade é V. Exemplo: Tensão elétrica de 127 V (Volts).

O movimento ordenado de elétrons, provocado pela tensão elétrica, forma uma corrente de elétrons. Essa corrente de elétrons é chamada de Corrente Elétrica (I). Sua unidade de medida é o Ampère. O símbolo desta unidade é A. Exemplo: Corrente elétrica de 10 A (Ampères).

Para que se tenha uma idéia do comportamento da tensão e da corrente elétrica, será feita uma analogia com uma instalação hidráulica.

A pressão feita pela água, depende da altura da caixa d'água. A quantidade de água que flui pelo cano vai depender: desta pressão, do diâmetro do cano e da abertura da torneira.

De maneira semelhante, no caso da energia elétrica, tem-se:

➡ A pressão da energia elétrica é chamada de Tensão Elétrica (U).

➡ A Corrente Elétrica (I) que circula pelo circuito depende da Tensão e da Resistência Elétrica (R).

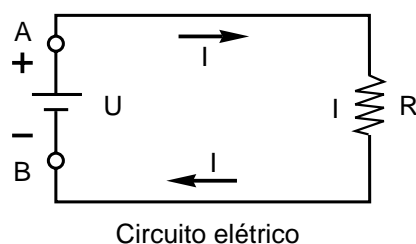
A Resistência Elétrica (R) que o circuito elétrico oferece à passagem da corrente, é medida em Ohms (Ω) (ver subitem 1.4 página 13) e varia com a seção dos condutores (ver subitem 3.3 página 67).

1.4 - Resistência Elétrica – Lei de Ohm

É chamada de **Resistência Elétrica (R)** a oposição que o circuito oferece à circulação da corrente elétrica. A unidade da Resistência Elétrica é o **Ohm** e o seu símbolo é o Ω (letra grega chamada de ômega).

Lei de Ohm, assim chamada, devido ao físico que a descobriu (ver subitem 1.2 página 9)

Essa Lei estabelece que: se for aplicado em um circuito elétrico, uma tensão de **1V**, cuja resistência elétrica seja de **1 Ω** , a corrente que circulará pelo circuito, será de **1A.**

Circuito elétrico

Com isso tem-se:

$$I = \frac{U}{R}$$

Desta relação pode-se tirar outras, como:

$$U = R \times I \quad \text{e} \quad R = \frac{U}{I}$$

Onde:

U: Tensão Elétrica;
I: Corrente Elétrica;
R: Resistência Elétrica.

1.5 - Corrente Contínua e Corrente Alternada

A energia elétrica é transportada sob a forma de corrente elétrica e pode apresentar-se sob duas formas:

➡ Corrente Contínua (CC)
➡ Corrente Alternada (CA)

A **Corrente Contínua** (CC) é aquela que mantém sempre a mesma polaridade, fornecendo uma tensão elétrica (ou corrente elétrica) com uma forma de onda constante (sem oscilações), como é o caso da energia fornecida pelas pilhas e baterias. Tem-se um polo positivo e outro negativo.

A **Corrente Alternada** (CA) tem a sua polaridade invertida um certo número de vezes por segundo, isto é, a forma de onda oscilação diversas vezes em cada segundo.

O número de oscilações (ou variações) que a tensão elétrica (ou corrente elétrica) faz por segundo é denominado de **Freqüência**.

A sua unidade é **Hertz** e o seu símbolo é **Hz**. Um Hertz corresponde a um ciclo completo de variação da tensão elétrica durante um segundo. No caso da energia elétrica fornecida pela CEMIG, a freqüência é de 60 Hz.

A grande maioria dos equipamentos elétricos funciona em corrente alternada (CA), como os motores de indução, os eletrodomésticos, lâmpadas de iluminação, etc.

A corrente contínua (CC) é menos utilizada. Como exemplo, tem-se: os sistemas de segurança e controle, os equipamentos que funcionam com pilhas ou baterias, os motores de corrente contínua, etc.

1.6 - Potência Elétrica

A Potência é definida como sendo o trabalho efetuado na unidade do tempo. A **Potência Elétrica (P)** é calculada através da multiplicação da Tensão pela Corrente Elétrica de um circuito. A unidade da Potência Elétrica é o **Watt** e o seu símbolo é o **W**.

Uma lâmpada ao ser percorrida pela corrente elétrica, ela acende e aquece. A luz e o calor produzido nada mais são do que o resultado da potência elétrica que foi transformada em potência luminosa (luz) e potência térmica (calor).

Tem-se que: $\mathbf{P = U \times I}$ **(Watts)**

Como $\mathbf{U = R \times I}$ e $\mathbf{I = \frac{U}{R}}$ (do subitem 1.4),

pode-se calcular também a **Potência (P)** através dos seguintes modos:

$\mathbf{P = (R \times I) \times I}$ ou $\mathbf{P = R \times I^2}$

Então tem-se: $\mathbf{P = U \times \frac{U}{R}}$ ou $\mathbf{P = \frac{U^2}{R}}$

Onde:

P: Potência Elétrica;
U: Tensão Elétrica;
I: Corrente Elétrica;
R: Resistência Elétrica.

1.7 – Cálculo da Energia Elétrica

A Energia Elétrica (E) é a Potência Elétrica (P) vezes o tempo de utilização (em horas, por exemplo) do qual o fenômeno elétrico acontece (uma lâmpada acesa, por exemplo).

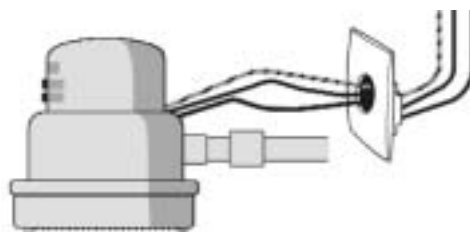
$$E = (U \times I) \times t \quad \text{ou} \quad E = P \times t$$

Onde:
E: Energia Elétrica;
P: Potência Elétrica;
U: Tensão Elétrica;
I: Corrente Elétrica;
t: Tempo normalmente nesse caso, é adotado em horas (h).
A unidade de Energia Elétrica (E) é o **Watt-hora** e o seu símbolo é **Wh**.

1.8 – Cálculos de Grandezas Elétricas: I, R e E

Um chuveiro elétrico com uma potência de 4.400 Watts, 127 Volts, funcionando durante 15 minutos. Calcular a corrente, resistência e a energia elétrica consumida.

a) Corrente Elétrica $I = \frac{P}{U}$

$$\frac{4.400\ W}{127\ V} = \mathbf{34{,}6\ A\ (Ampères)}$$

b) Resistência Elétrica $R = \frac{U}{I}$

$$\frac{127\ V}{34{,}6\ A} = \mathbf{3{,}7\ \Omega\ (Ohms)}$$

c) Energia Elétrica $E = P \times t$

Primeiramente, deverá ser transformado o tempo dos 15 minutos em horas.
Fazendo uma "regra de três", tem-se: 60 minutos — 1 hora
15 minutos — x

$$x = \frac{15\ minutos}{60\ minutos} = 0{,}25\ h \quad \text{ou} \quad \frac{1}{4}\ h$$

$$4.400\ W \times 0{,}25\ h = \mathbf{1.100\ Wh}$$

Observação: Efetuar os mesmos cálculos, considerando que o chuveiro elétrico foi feito para funcionar em 220 Volts.

1.9 – Unidades de Medidas

As unidades de medidas no Brasil, utilizam o Sistema Internacional de Unidades. A Tabela 1.1 mostra as principais unidades.

As unidades com os seus múltiplos e submúltiplos podem ser escritas com o seu nome por extenso ou através de seu símbolo.

UNIDADES LEGAIS DO BRASIL		
UNIDADE	**SÍMBOLO**	**DETERMINA**
UNIDADES ELÉTRICAS		
Ampère	**A**	Corrente Elétrica
Volt	**V**	Tensão Elétrica
Watt	**W**	Potência Elétrica
Volt-Àmpere	**VA**	Potência Elétrica
Volt-Àmpere reativo	**Var**	Potência Elétrica
Cavalo-vapor	**cv**	Potência Elétrica
Watt-hora	**Wh**	Energia Elétrica
Ohm	**Ω**	Resistência Elétrica
Lúmen	**lm**	Fluxo Luminoso
Lux	**lx**	Iluminância
Hertz	**Hz**	Freqüência

OUTRAS UNIDADES		
Metro	**m**	Comprimento
Quilômetro	**km**	Comprimento
Metro quadrado	**m^2**	Área
Metro cúbico	**m^3**	Volume
Grama	**g**	Massa (Peso)
Quilograma	**kg**	Massa (Peso)
Litro	**l**	Volume
Segundo	**s**	Tempo
Minuto	**min**	Tempo
Hora	**h**	Tempo
Quilômetro por hora	**km/h**	Velocidade
Grau Celcius	**°C**	Temperatura
Grau Kelvin	**K**	Temperatura termodinâmica

Tabela 1.1

As unidades possuem múltiplos e submúltiplos. A utilização de um ou outro, é em função da facilidade de expressar a quantidade da unidade em questão.

Por exemplo, a Potência de uma lâmpada incandescente comum, é melhor ser expressa em W (Watts) do que em kW (quilowatts).

É sempre referido a uma lâmpada de 100 Watts e não uma lâmpada de 0,1 kW.

A letra k (escrita em letra minúscula) colocada antes da unidade, representa que esta unidade está multiplicada por 1.000 e, consequentemente o número (valor da quantidade) deverá ser dividido por 1.000.

Do exemplo do subitem 1.8 página 15, a Energia Elétrica também poderá ser expressa:

1.100 Wh ou **1,1 kWh (Quilowatt-hora)**

A Tabela 1.2 a seguir relaciona os valores mais usados das unidades elétricas, com os seus múltiplos e submúltiplos.

UNIDADES ELÉTRICAS – MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS			
GRANDEZA	**NOME**	**SÍMBOLO**	**RELAÇÃO**
Tensão	Microvolt	**μV**	0,000001 V
	Milivolt	**mV**	0,001 V
	Volt	**V**	1 V
	Quilovolt	**kV**	1.000 V
Corrente	Microampère	**μA**	0,000001 A
	Miliampère	**mA**	0,001 A
	Ampère	**A**	1 A
	Quilo Ampère	**kA**	1.000 A
Resistência	Ohm	**Ω**	1 Ω
	Quilo Ohm	**kΩ**	1.000 Ω
	Megaohm	**MΩ**	1.000.000 Ω
Potência	Watt	**W**	1 W
	Quilowatt	**kW**	1.000 W
	Megawatt	**MW**	1.000.000 W
Energia	Watt-hora	**Wh**	1 Wh
	Quilowatt-hora	**kWh**	1.000 Wh
	Megawatt-hora	**MWh**	1.000.000 Wh

Tabela 1.2

Outras unidades, muito utilizadas para expressar a Potência Elétrica de motores são:

➡ Cavalo Vapor que equivale a 735,5 W. Sua unidade é o cv.
➡ Horse Power (inglesa) que equivale a 746 W. Sua unidade é o HP.

Relação entre estas unidades de Potência:

1 cv = 735,5 W; 1 cv = 0,735 kW; 1 kW = 1,36 cv

1 HP = 746 W; 1 HP = 0,746 kW; 1 kW = 1,34 HP

No Anexo 1 página 207, encontra-se a Tabela "Conversão de Unidades", com os fatores para transformar uma unidade em outra.

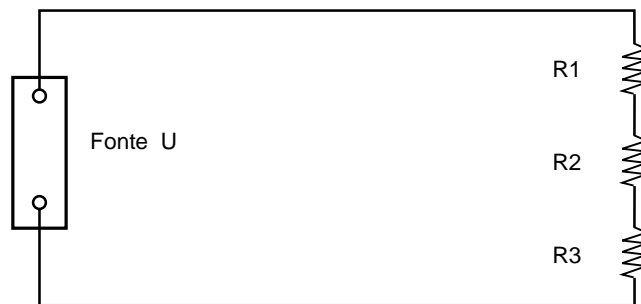
1.10 – Circuito Série e Circuito Paralelo

1.10.1 – Circuito Série

O Circuito Série é aquele constituído por mais de uma carga, ligadas em série uma com as outras, isto é, cada carga é ligada na extremidade de outra carga, diretamente ou por meio de condutores.

Exemplo de circuitos elétricos ligados em série muito utilizados: lâmpadas de árvore de natal.

As principais características são:

- as cargas dependem uma das outras para o funcionamento do circuito elétrico;
- existe apenas um caminho para a passagem da corrente elétrica.

➡ **Corrente Elétrica (I)**

A corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito, isto é, a mesma corrente passa através de todas as cargas.

$$I_{Total} = I_1 = I_2 = I_3$$

➡ **Tensão Elétrica (U)**

A tensão da fonte de alimentação é dividida entre as cargas, isto é, a soma das tensões nos bornes de cada carga é igual a tensão da fonte.

$$U_{Fonte} = U_1 + U_2 + U_3$$

➡ **Resistência Elétrica (R)**
A resistência elétrica equivalente é igual a soma das resistências de cada carga.

$$R_{Equivalente} = R_1 + R_2 + R_3$$

Exemplo:

No desenho deste subitem 1.10.1, se a tensão é de 120 Volts,
$R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 30\ \Omega$ e $R_3 = 40\ \Omega$.

Calcular: **a)** A resistência elétrica equivalente;
b) A corrente elétrica;
c) A tensão elétrica em cada resistência.

Solução:

a) $R_{Equivalente} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 30 + 40 = \mathbf{80\ \Omega}$

b) Do subitem 1.4 página 13, tem-se:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{120\ V}{80\ \Omega} = \mathbf{1{,}5\ A}$$

Como $\mathbf{I_{Total}} = I_1 = I_2 = I_3 = \mathbf{1{,}5\ A}$

c) $U = R \times I$
$U_1 = R_1 \times I = 10\ \Omega \times 1{,}5\ A = \mathbf{15\ Volts}$
$U_2 = R_2 \times I = 30\ \Omega \times 1{,}5\ A = \mathbf{45\ Volts}$
$U_3 = R_3 \times I = 40\ \Omega \times 1{,}5\ A = \mathbf{60\ Volts}$

Deve-se notar que a soma das tensões em cada resistência, é igual a tensão da fonte:

$U_1 + U_2 + U_3 = 15\ V + 45\ V + 60\ V = \mathbf{120\ Volts}$

1.10.2 – Circuito Paralelo

O Circuito Paralelo é aquele constituído por mais de uma carga, ligadas em paralelo uma com as outras.

As principais características são:

- as cargas não dependem umas das outras para o funcionamento do circuito elétrico;
- existe mais de 1 (um) caminho para a passagem da corrente elétrica;
- as tensões elétricas nas cargas são iguais a tensão da fonte de alimentação, isto é:

$$U_{Fonte} = U_1 = U_2 = U_3$$

A Corrente Elétrica (I) total absorvida pelas cargas é igual a soma das correntes de cada carga:

$$I_{Total} = I_1 + I_2 + I_3$$

O inverso da Resistência Elétrica (R) equivalente, é igual a soma dos inversos das resistências de cada carga:

$$\frac{1}{R_{Equivalente}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Exemplo:
No desenho deste subitem 1.10.2, se a tensão é de 120 Volts,
$R_1 = 30\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$ e $R_3 = 60\ \Omega$.

Calcular: **a)** A resistência elétrica equivalente;
b) A corrente em cada resistência e a corrente elétrica total;
c) A tensão elétrica em cada resistência.

Solução:
a)

$$\frac{1}{R_{Equivalente}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

$$\frac{1}{R_{Equivalente}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} + \frac{1}{60} = \frac{2+3+1}{60} = \frac{6}{60}$$

$$R_{Equivalente} = \frac{60}{6} = \mathbf{10\ \Omega}$$

b) Do subitem 1.4 página 13, tem-se:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{e} \quad I_{Total} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{120\ V}{30\ \Omega} = \mathbf{4\ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{120\ V}{20\ \Omega} = \mathbf{6\ A}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{120\ V}{60\ \Omega} = \mathbf{2\ A}$$

$$I_{Total} = I_1 + I_2 + I_3 = 4\ A + 6\ A + 2\ A = \mathbf{12\ A}$$

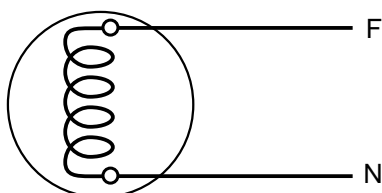
c) $U_{Fonte} = U_1 = U_2 = U_3 =$ **120 Volts**

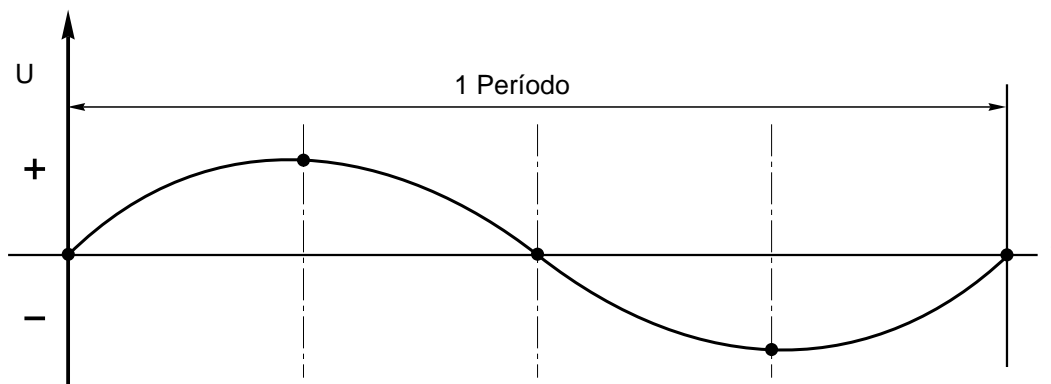
1.11 – Circuitos em Corrente Alternada

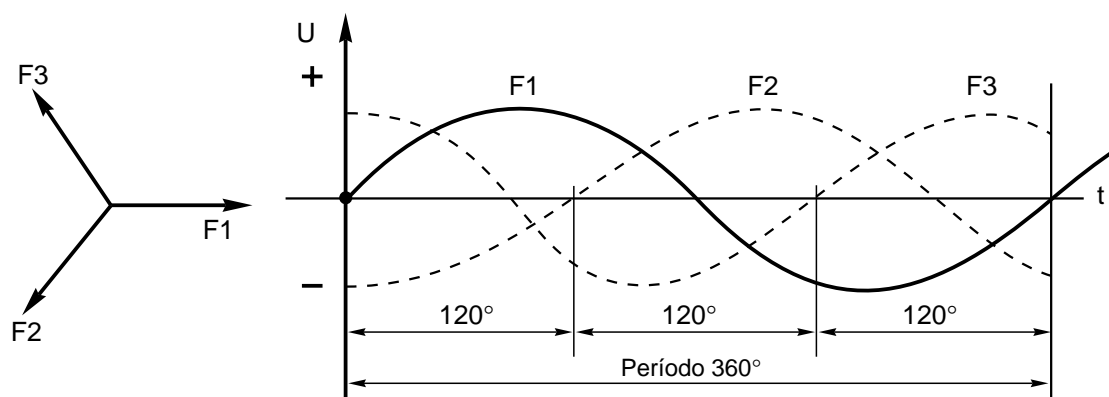
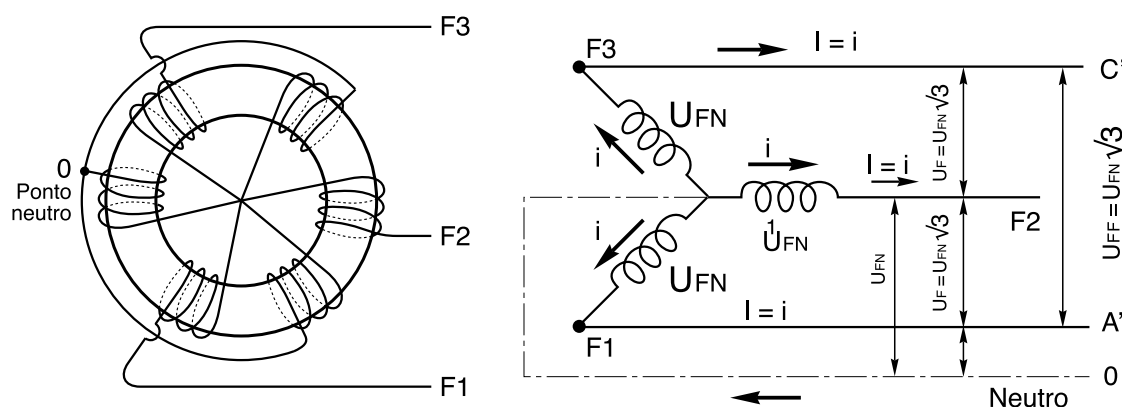
A forma mais comum que a corrente elétrica se apresenta é em Corrente Alternada (CA).

Serão apresentadas neste subitem 1.11, de uma maneira bastante simplificada, as principais características dos circuitos elétricos monofásicos e trifásicos em Corrente Alternada (CA). Caso sejam necessárias maiores informações, deve-se procurar uma literatura técnica especializada.

1.11.1 - Circuito Monofásico

Um gerador com uma só bobina (enrolamento), chamado de "Gerador Monofásico" ao funcionar, gera uma Tensão entre seus terminais.

Nos geradores monofásicos de corrente alternada, um dos terminais deste Gerador é chamado de Neutro (N) e o outro de Fase (F).

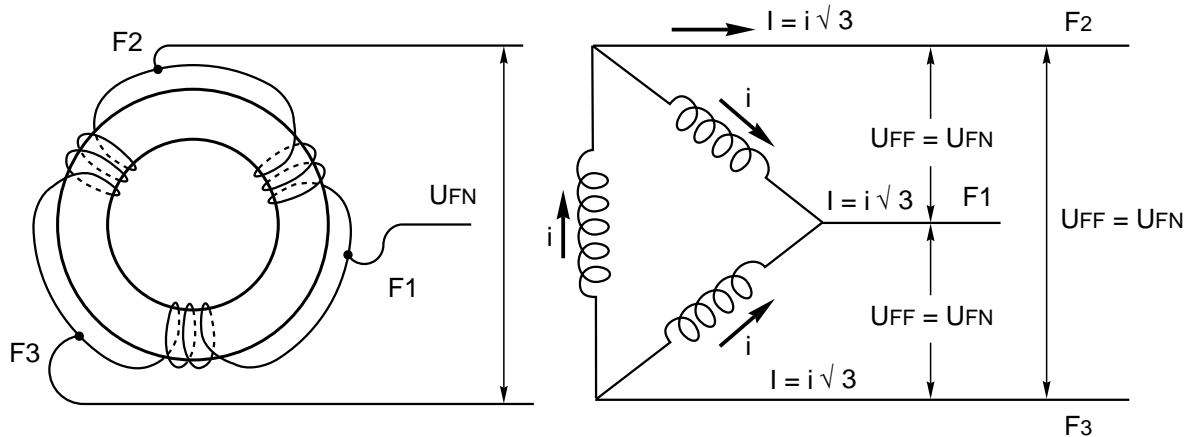
Um circuito monofásico é aquele que tem uma Fase e um Neutro (F e N). A tensão elétrica (U) do circuito é igual à tensão entre Fase e Neutro (U_{FN}). A forma de onda da Tensão Elétrica, é uma senoide.

1.11.2 - Circuito Trifásico

Um gerador com três bobinas (enrolamentos), ligadas conforme a figura abaixo, é um "Gerador Trifásico". Nesta situação, o Gerador Trifásico está com as suas três bobinas ligadas em Estrela (**Y**). Este gerador tem um ponto comum nesta ligação, chamado de ponto neutro.

Neste circuito trifásico com a ligação em Estrela, as relações entre as tensões elétricas, a tensão entre Fase e o Neutro (U_{FN}) e a tensão entre Fases (U_{FF}), são:

$$U_{FF} = \sqrt{3} \times U_{FN} \quad \text{ou} \quad U_{FN} = U_{FF} / \sqrt{3}$$

Sendo que $\sqrt{3}$ (leia-se raiz quadrada de três) = 1,732

A Corrente Elétrica (I) é igual nas três Fases.

Quando as bobinas do Gerador Trifásico são ligadas entre si, de modo a constituírem um circuito fechado, como na figura abaixo, o Gerador tem uma ligação em Triângulo (Delta) (Δ).

As relações entre as tensões e correntes são:

Pode-se dizer que: $U_{FF} = U_{FN}$ e

$$I = i \times \sqrt{3}$$

Pode-se ter os circuitos trifásicos a três fios – 3 Fases (F_1, F_2 e F_3) e a quatro fios – 3 Fases e 1 Neutro (F_1, F_2 e F_3 e N). Essas Fases também podem ser representados pelas letras: R, S, T ou A, B, C.

As formas de onda da tensão, são senóides, defasadas entre si de 120º.

Observação: usa-se também, denominar os geradores de corrente alternada de "Alternadores".

1.11.3 - Potência em Corrente Alternada (CA)

Em um condutor elétrico (ver subitem 3.3.2.1 página 69) energizado em Corrente Alternada (CA), passa uma determinada quantidade de energia, sendo um percentual Ativo e outro Reativo. Quanto maior for o percentual de Potência Ativa (kW) que passar, será melhor e mais econômico.

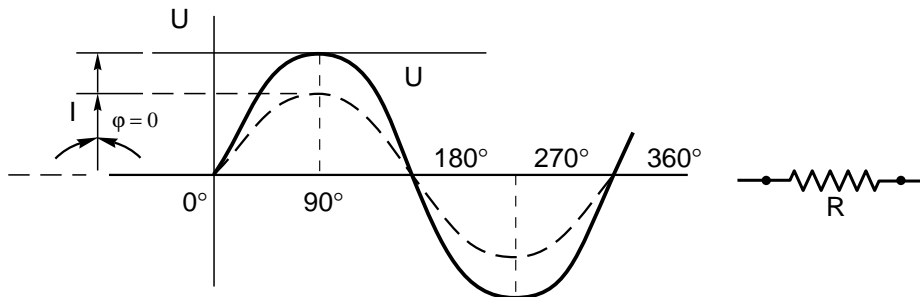
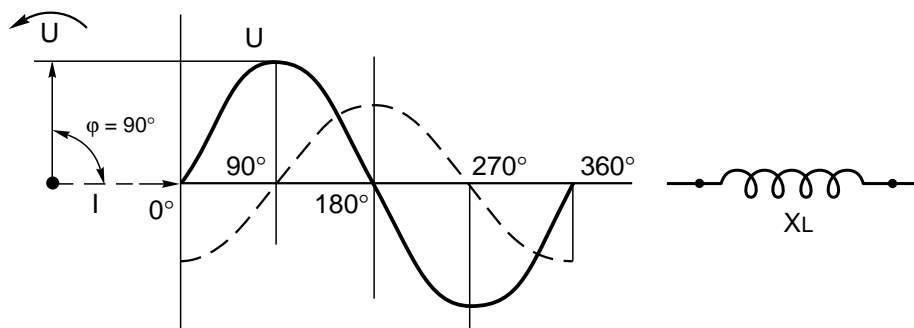
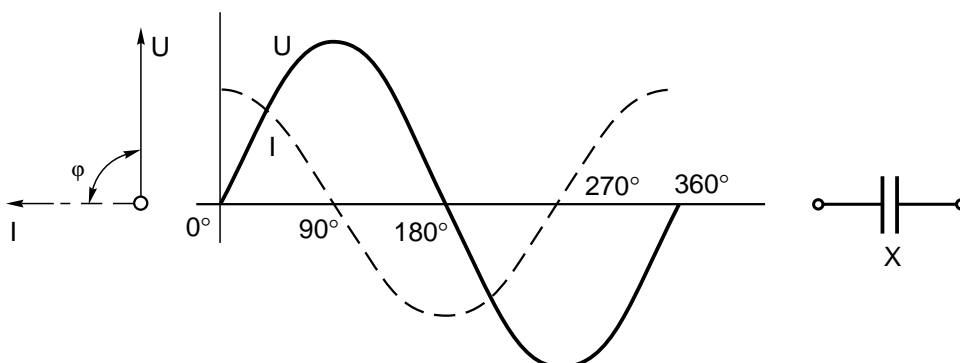
A Potência Reativa (kVAr) é necessária para produzir o fluxo magnetizante para o funcionamento dos aparelhos (motores, transformadores, etc), pode ser obtida junto a esses equipamentos, com a instalação de Capacitores.

A seguir, serão apresentados alguns conceitos, de forma bastante simplificada.

Como foi visto anteriormente, em Corrente Alternada (CA), a Corrente Elétrica (I) e a Tensão Elétrica (U), são geradas e transmitidas em uma forma de onda de uma senoide.

As ondas de Corrente e de Tensão podem estar defasadas uma da outra em um circuito elétrico: quando a Corrente está em uma determinada posição, a Tensão pode estar em outra posição, e vice-versa.

Assim tem-se:

Quando a Tensão está em fase com a Corrente, a carga é denominada de **Resistiva**. O circuito elétrico é **Resistivo**.

Quando a Corrente está atrasada em seu deslocamento da Tensão, a carga é denominada de **Indutiva**. Esse atraso (defasamento) é de até 90°. O circuito elétrico é **Indutivo**.

Quando a Corrente está adiantada em seu deslocamento da Tensão, a carga é denominada de **Capacitiva**. Esse adiantamento (defasamento) é de até 90°. O circuito elétrico é **Capacitivo**.

Em um circuito elétrico de Corrente Alternada (CA), a oposição à passagem da corrente elétrica recebe os seguintes nomes:

- **Resistência (R)** quando se tratar de um circuito formado por resistência elétrica (ver subitem 1.4 página 13);
- **Reatância Indutiva (X_L)** quando se tratar de bobinas (enrolamentos);
- **Reatância Capacitiva (X_C)** quando se tratar de capacitor.

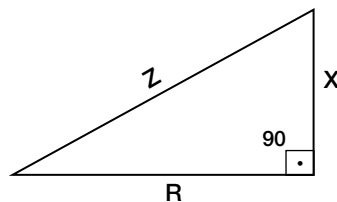
A soma vetorial das Reatâncias ($X_L + X_C$) com a Resistência (R), dá-se o nome de **Impedância (Z)**.

A Reatância Capacitiva opõe-se à Reatância Indutiva. Assim, a Reatância total do circuito **(X)** é dada pela diferença entre X_L e X_C (o maior destes dois valores determina se o circuito é Indutivo ou Capacitivo).

$$X = X_L - X_C$$

$X_L > X_C$ (o circuito é Indutivo)

$X_C > X_L$ (o circuito é Capacitivo)

Os valores da Resistência, das Reatâncias e da Impedância podem ser representados graficamente através de um triângulo retângulo.

Onde:

Z = Impedância do circuito, da pela fórmula $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

R = Resistência do circuito

X = Reatância total do circuito (que é igual a $X = X_L - X_C$ ou $X = X_C - X_L$).

Uma carga ligada a um circuito de Corrente Alternada (CA) é quase sempre constituída de Resistência e Reatância ou seja, tem-se normalmente uma Impedância (Z).

A expressão da Potência P = U x I em geral, não é válida para todos os circuitos de corrente alternada, devendo ser acrescida à expressão um outro fator, conforme será mostrado a seguir.

No subitem 1.6 página 14, foi mostrado que a Potência (P) pode ser dada por:

$P = R \times I^2$ em **W (Watts)**

Se for substituído na expressão acima, a Resistência (R) pela Reatância total (X), tem-se:

$P = X \times I^2 =$ **VA (Volt Ampère)**

Substituindo pela Impedância:

$P = Z \times I^2 =$ **VA (Volt Ampère)**

A expressão da Potência Reativa do circuito elétrico depende das Reatâncias existentes.

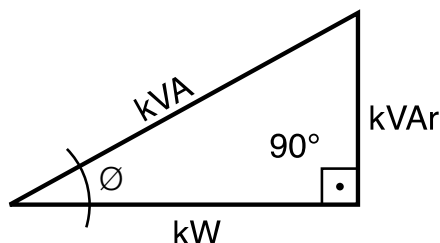
Este produto é chamado de Potência Aparente, sendo a "*soma vetorial*" das duas Potências - Ativa e a Reativa.

Observação: não será explicado neste Manual, como é feita a soma vetorial. Caso sejam necessárias maiores informações, deve-se procurar uma literatura técnica especializada.

Assim tem-se:

W = R x I^2
VAr = X x I^2
VA = Z x I^2

Onde:
W = Potência Ativa (ou kW, que corresponde a 1.000 W)
VAr = Potência Reativa (ou kVAr, que corresponde a 1.000 VAr)
VA = Potência Aparente (ou kVA, que corresponde a 1.000 VA)

Essas três Potências formam um triângulo, denominado "Triângulo das Potências".

O ângulo Ø é o ângulo do Fator de Potência (cosØ = FP) (ver subitem 1.12 página 27).

A partir da expressão $(kVA)^2 = (kW)^2 + (kVAr)^2$ retirada do "Triângulo das Potências", tem-se as seguintes expressões matemáticas:

kVA = $\sqrt{(kW)^2 + (kVAr)^2}$ = Potência Aparente (kVA)
kW = kVA x cosØ = Potência Ativa (kW)
kVAr = kVA x senØ = Potência Reativa (kVAr)
cosØ = kW / kVA = Fator de Potência

e ainda:

senØ = kVAr / kVA
tgØ = kVAr / kW

Observações:
1 - Se a Potência Ativa (Watts) for trifásica, tem-se que:
$P = \sqrt{3} \times U_{FF} \times I \times \cos Ø$

2 – os valores de: coseno (cos), seno (sen) e tangente (tg), podem ser obtidos através de uma calculadora científica ou de uma tabela de funções trigonométricas.

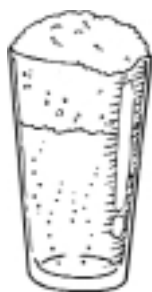
3 – No Anexo 2 página 208 contém fórmulas utilizadas para cálculo das grandezas elétricas mais comuns.

1.12 – Fator de Potência

A Potência Ativa **(kW)** é a que efetivamente produz trabalho.

A Potência Reativa **(kVAr)** ou magnetizante, é utilizada para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos motores, transformadores, etc.

Para que se tenha uma idéia de como são essas duas formas de energia, será dado um exemplo de uma forma bastante simplificada, fazendo uma analogia com um copo cheio de cerveja.

Caso sejam necessárias maiores informações, deve-se procurar uma literatura técnica especializada.

Num copo cheio de cerveja, tem-se uma parte ocupada pelo líquido e outra ocupada pela espuma. Para aumentar a quantidade de líquido nesse copo, tem-se que diminuir a espuma.

Assim, de maneira semelhante ao copo com cerveja, a Potência Elétrica solicitada, por exemplo, por um motor elétrico, é composta de Potência Ativa (kW) que "corresponde" ao líquido e Potência Reativa (kVAr) que "corresponde" à espuma.

A soma vetorial (em ângulo de 90º), das Potências Ativa e Reativa é denominada de Potência Aparente (kVA) que "corresponde" ao volume do copo (o líquido mais a espuma).

Assim como o volume do copo é limitado, também a capacidade em kVA de um circuito elétrico (fiação, transformadores, etc) é limitada. Para aumentar a Potência Ativa em um circuito, é preciso reduzir a Potência Reativa.

O Fator de Potência (FP) é definido como o quociente entre a Potência Ativa (kW) e a Potência Aparente (kVA). O Fator de Potência (FP) também é igual ao coseno do ângulo Ø do "Triângulo das Potências" (ver subitem 1.11.3 página 23).

$$\mathbf{FP = \cos Ø} \quad \text{ou} \quad \mathbf{FP = \frac{kW}{kVA}}$$

O exemplo a seguir mostra a importância do Fator de Potência (FP).

Qual a potência do transformador, necessária para se ligar um motor de 10 cv com FP = 0,50 e qual a corrente do circuito para a tensão igual a 220 V? Calcular também para o FP = 1,00.

Transformando a potência do motor de cv para kW tem-se:

10 cv = 10 x 735,5 = **7,3 kW**

1º Caso: Para FP = 0,50

PkVA = PkW / cosØ
PkVA = 7,3 kW / 0,50
PkVA = 14,6 kVA

I = PVA / U
I = 14.600 VA/ 220 V

I = 66 A

Resposta:

Transformador de 15 kVA

2º Caso: Para FP = 1,00

PkVA = PkW / cosØ
PkVA = 7,3 kW / 1,00
PkVA = 7,3 kVA

I = PVA / U
I = 7.300 VA/ 220 V

I = 33 A

Resposta:

Transformador de 7,5 kVA

Pelo exemplo, verifica-se que quanto menor o Fator de Potência, mais problemas ele trará ao circuito: transformadores de maior capacidade (PkVA = PkW/cosØ), fiação mais grossa, consequentemente um maior custo, etc.

Por isso é importante que o Fator de Potência de uma instalação elétrica tenha um valor mais próximo possível de 1 (um).

Todas as Concessionárias de Energia Elétrica cobram um ajuste financeiro (R$) sobre o FP, quando o mesmo é inferior a 0,92 (capacitivo ou indutivo), de acordo com a Legislação em vigor. Para a correção do Fator de Potência podem ser utilizados os Capacitores, que são normalmente instalados junto as cargas (kW) elétricas.

As causas mais comuns do baixo Fator de Potência são:

- nível de tensão elevado acima do valor nominal;
- motores que, devido a operações incorretas, trabalham a vazio (sem ou com pouca carga) desnecessariamente durante grande parte do seu tempo de funcionamento;
- motores super dimensionados para as respectivas máquinas;
- grandes transformadores de força sendo usados para alimentar, durante longos períodos, somente pequenas cargas;
- transformadores desnecessariamente ligados a vazio (sem carga) por períodos longos;
- lâmpadas de descarga fluorescentes, vapor de mercúrio, etc, sem a correção necessária individual ou do circuito de iluminação, do Fator de Potência.

Nota: Em um circuito elétrico composto apenas por resistências, o Fator de Potência igual a 1 (um).

Neste caso, a Potência Ativa (kW) é igual a Potência Aparente (kVA).

Se o FP = 1, tem-se:

$\cos\varnothing = \frac{kW}{kVA}$ como $\cos\varnothing = 1$, tem-se **kW = kVA**

1.13 - Aparelhos para testar e Aparelhos para medir Energia Elétrica

É muito importante ler com muita atenção o Manual do aparelho antes da utilizá-lo. É através do Manual do aparelho, que se pode ter as informações corretas de como utilizá-lo com precisão e segurança, o que o aparelho pode ou não medir e em quais condições. Deve ser feito aferições/calibrações no aparelho, seguindo as recomendações do fabricante.

Sempre na utilização desses aparelhos, deve-se ter o cuidado de não fechar um curto-circuito em circuitos energizados.

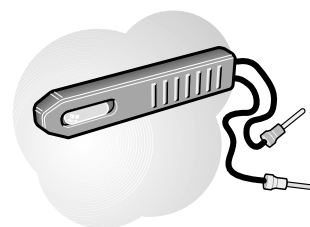
O aparelho deverá ser sempre bem acondicionado e ter cuidados no transporte e na utilização.

Qualquer equipamento ou mesmo a fiação deste aparelho, pode-se estragar de uma hora para outra. Com isso é importante conferir se o aparelho de medição ou teste está funcionando ou não.

É recomendável que ao testar a existência de uma grandeza elétrica em um circuito desenergizado, deve-se conferir em seguida, se o aparelho de medir/testar está funcionando ou não, em um circuito que esteja energizado. Nesta condição pode-se certificar que o aparelho está funcionando, ou não.

Em caso de dúvidas, deve-se repetir os testes, pois é importante que se tenha segurança nas medições e testes das grandezas elétricas efetuadas.

1.13.1 – Aparelhos de Teste

Os aparelhos de testes não medem os valores das grandezas elétricas, testam simplesmente a existência ou não, das mesmas. Podem, por exemplo, auxiliar na identificação do fio Fase energizado de um circuito elétrico.

IMPORTANTE - Sempre que possível, deve-se utilizar os outros tipos de aparelhos mencionados no subitem 1.13.2 página 31 deste Manual. Com isso pode-se ter mais segurança de não ser acidentado, além de ter informações técnicas mais precisas.

1.13.1.1 - Lâmpada Néon

Trata-se de uma lâmpada que tem a característica de acender quando um dos seus terminais é posto em contato com um elemento energizado e outro é posto em contato com o “terra”. Normalmente, é apresentada sob a forma de uma caneta ou chave de parafusos, onde um dos terminais é a ponta da caneta (ou da chave) e o outro faz o “terra” através do próprio corpo da pessoa.

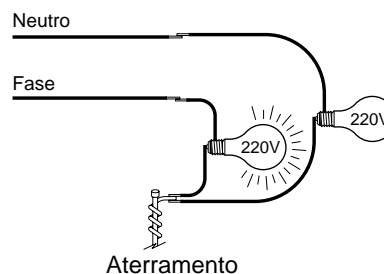
Devido a grande resistência interna da lâmpada, a corrente circulante não é suficiente para produzir a sensação de choque nas pessoas. Entretanto, seu uso é restrito a circuito de baixa tensão, como nas instalações elétricas residenciais.

A vantagem deste instrumento é o fato de indicar, de maneira simples, a presença de tensão no local pesquisado: a lâmpada acende quando a ponta do aparelho encosta no fio Fase energizado. Quando se encosta no fio Neutro, não acende.

Existem alguns tipos de aparelhos com lâmpada de neon, com os mesmos princípios de funcionamento, que possibilitam identificar também, além do fio Fase e o fio Neutro, o **valor aproximado** da tensão, se é 127 V, 220 V ou 380 Volts.

IMPORTANTE: Não se deve usar uma lâmpada de néon individualmente (sem o invólucro), pois ela poderá estourar, causando algum acidente.

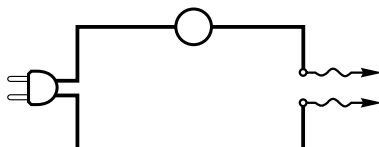
1.13.1.2 - Teste com uma Lâmpada

A identificação dos fios: Fase (energizado) e o Neutro, de uma instalação elétrica interna, pode ser feita com uma lâmpada incandescente de 220 Volts, colocada em um receptáculo com 2 fios terminais. Um dos seus terminais é posto em contato com um dos fios que se deseja testar e o outro terminal é posto em contato com um condutor devidamente aterrado (uma haste de terra cravada no chão). Se a lâmpada acender, significa que o fio que se deseja identificar é o fio Fase. Caso contrário, se a lâmpada permanecer apagada, significa que o fio utilizado é o Neutro.

ATENÇÃO: a lâmpada incandescente a ser utilizada, tem que ser fabricada para a tensão de 220 Volts, pois pode ser que os dois fios que deseja identificar, sejam Fase-Fase (220 Volts) ou que o transformador que alimenta a instalação elétrica seja de 220 Volts entre Fase e Neutro. Daí, se a lâmpada for de 127 Volts, ela poderá estourar no teste, provocando um acidente com a pessoa. É recomendável que a lâmpada esteja protegida com um anteparo e poderá ser de uma potência baixa, por exemplo: 15 ou 25 Watts.

1.13.1.3 - Lâmpada em "Série"

A Lâmpada em "Série" possibilita verificar a continuidade de um circuito ou equipamento elétrico.

A lâmpada utilizada deve ser de baixa potência (15 Watts) a fim de limitar os valores da corrente, evitando danos ao equipamento sob teste.

A lâmpada é colocada em série, com o equipamento a ser testado. Ao ligar o aparelho, se a lâmpada acender, significa que o aparelho está com "continuidade" (poderá não estar "queimado") no circuito elétrico.

1.13.2 - Aparelhos de Medição

Os aparelhos de medição são instrumentos que, através de escalas, gráficos ou dígitos, fornecem os valores numéricos das grandezas que estão sendo medidas.

Como foi ressaltado anteriormente, é sempre preferível a utilização desses aparelhos, ao invés dos aparelhos de teste (ver subitem 1.13.1 página 29).

Os aparelhos de medição, segundo a maneira de indicar os valores medidos, podem ser:

a) Indicadores: - são aparelhos que, através do movimento de um ponteiro em uma escala ou de uma tela digital, fornecem os valores instantâneos das grandezas medidas.

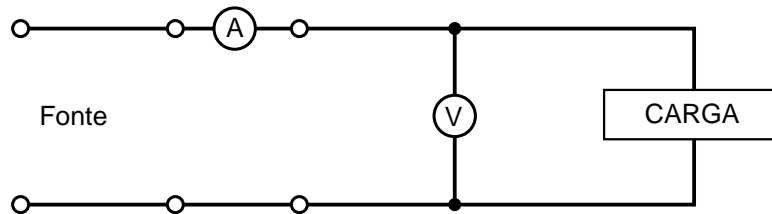
b) Registradores: - têm o princípio de funcionamento semelhante ao dos instrumentos indicadores, sendo que, é adaptado à extremidade do ponteiro, uma pena, onde se coloca tinta. Sob a pena corre uma tira de papel com graduação na escala conveniente. A velocidade do papel é constante, através de um mecanismo de relojoaria.

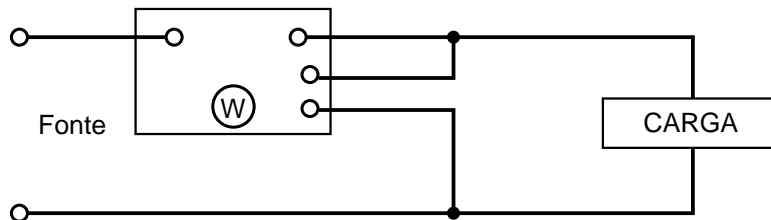
Deste modo, tem-se os valores da grandeza medida a cada instante e durante o tempo desejado. Alguns instrumentos deste tipo utilizam um disco ao invés de tira (rolo) de papel, nesse caso, o tempo da medição é limitado a uma volta do disco.

c) Integradores: - São aparelhos que somam os valores instantâneos e fornecem a cada instante os resultados acumulados. O aparelho integrador pode ser de ponteiros ou de ciclômetro ou dígitos. Um exemplo, são os medidores de energia elétrica das residências.

1.13.2.1 - Amperímetro e Voltímetro

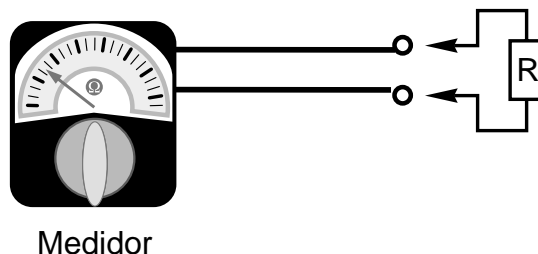
O **Amperímetro** é utilizado para medir a corrente elétrica de um circuito e deve ser ligado em série com a carga.

O **Voltímetro** é utilizado para medir a tensão elétrica de um circuito e deve ser ligado em paralelo com a carga.

1.13.2.2 – Wattímetro

A medição de potência elétrica (W) é feita por um aparelho, o **Wattímetro**, que associa as funções do Voltímetro e do Amperímetro. No Wattímetro, é indicado o terminal comum que deve ser ligado ao lado da carga.

1.13.2.3 – Ohmímetro

O **Ohmímetro** é utilizado para medir a resistência elétrica (Ω).

O Ohmímetro é também usado para se verificar a continuidade de um circuito elétrico.

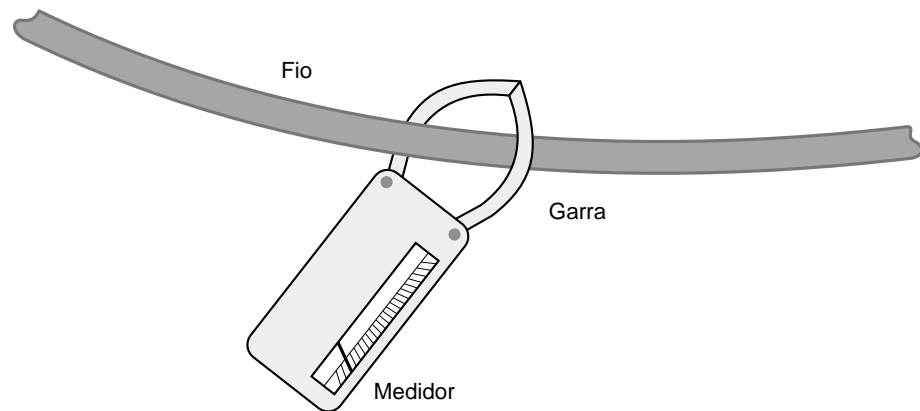
Observação: o circuito elétrico deverá estar desernergizado.

Medidor

1.13.2.4 – Alicate Volt-Amperímetro

O medidor de Corrente e de Tensão, tipo "alicate", é um aparelho largamente utilizado. É conhecido como Alicate Volt-Amperímetro.

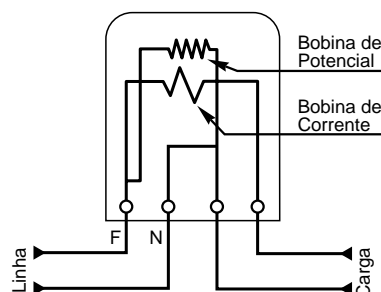
Esse instrumento possui escalas para medir a Corrente e a Tensão. Com isso, deverá ser ajustado através de uma chave seletora (corrente ou tensão), antes de efetuar a medição.

Se a pessoa não tem uma idéia do valor da corrente ou da tensão a ser medida, ela deverá ajustar o aparelho para a maior escala de corrente ou tensão e se for o caso, ir diminuindo a escala para que seja efetuada a medição corretamente. Deve-se consultar o Manual de instruções do aparelho.

Medição de corrente elétrica: O aparelho possui garras que "abraçam" o condutor onde passa a corrente elétrica a ser medida. Essas garras funcionam como núcleo de um transformador de corrente em que o primário é o condutor, no qual está sendo realizada a medição e o secundário é uma bobina enrolada que está ligada ao medidor propriamente dito, conforme indica a figura a seguir.

Observação: O amperímetro deverá abraçar apenas o(s) fio(s) da mesma Fase (F_1, F_2 ou F_3).

Medição de tensão elétrica: Para medir tensão, esse instrumento possui dois terminais nos quais são conectados os fios, que serão colocados em contato com o local a ser medido.

1.13.2.5 – Medidor de Energia Elétrica

O medidor monofásico do consumo energia elétrica (kWh) compõe-se de duas bobinas: uma de tensão, ligada em paralelo com a carga e uma de corrente, ligada em série com a carga. As duas bobinas são enroladas sobre o mesmo núcleo de ferro.

Um disco colocado junto ao núcleo, que por força dos campos magnéticos formados (da tensão e da corrente), quando a carga está ligada, passa a girar com velocidade proporcional à energia consumida. Através de um sistema de engrenagens, a rotação do disco é transportada a um mecanismo integrador.

No medidor de consumo energia elétrica (kWh), o valor da energia relativa a um certo período de tempo a ser medida, corresponde à diferença entre as duas leituras realizadas, uma no final e outra no início do respectivo período. A leitura destes medidores é feita seguindo a seqüência natural dos algarismos, ou seja, se forem quatro ou cinco ponteiros, ou quatro ou cinco janelas, o primeiro à esquerda indica os milhares, o segundo as centenas e assim por diante.

Deve-se ter cuidado ao fazer uma leitura nos medidores de ponteiro, pois cada ponteiro gira em sentido inverso ao de seus vizinhos.

Leitura do mês anterior

0 4 5 9 0

1- Exemplo de leitura no medidor Ciclométrico
Se subtrair a leitura do mês anterior da leitura atual, terá o consumo mensal em (kWh)
04805 - 04590 = 215 kWh
(quilowatts-hora)

Leitura do mês atual

Leitura do mês anterior: 4590

Leitura do mês atual: 4857

2- Exemplo de leitura no medidor de Ponteiros
Subtrair a leitura do mês anterior da leitura atual, terá o consumo mensal em (kWh)
04857 - 04590 = 267 kWh

Nota: Ao ler os valores de energia em um medidor de kWh, o número que se deve considerar é aquele pelo qual o ponteiro acabou de passar, isto é, quando o ponteiro está entre dois números, considera-se o número de menor valor.

Para se efetuar a leitura, deve-se iniciar pelo primeiro ponteiro a direita.

1.14 – Informações sobre a CEMIG, ANEEL, PROCEL, ABNT e INMETRO

Serão apresentadas a seguir, algumas informações **bastante resumidas** sobre:

- Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, endereço eletrônico: http://www.cemig.com.br
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, endereço eletrônico: http://www.aneel.gov.br
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, endereço eletrônico: http://www.eletrobras.gov/procel
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, endereço eletrônico: http://www.abnt.org.br
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, endereço eletrônico: http://www.inmetro.gov.br

NOTA: Para que se tenha informações mais completas e atualizadas, procure o respectivo endereço eletrônico.

1.14.1 - Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG

A Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG é uma das maiores e mais importantes concessionárias de energia elétrica do Brasil, por sua posição estratégica, competência técnica e mercado atendido.

A área de concessão da CEMIG cobre cerca de 96% do território do Estado de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, correspondendo a 567 mil km2, o equivalente a extensão territorial de um País do porte da França.

Uma das tarefas mais importantes da CEMIG é zelar pela qualidade do serviço prestado a mais de 5,6 milhões de clientes, ou 17 milhões de pessoas, espalhados em mais de 5.400 localidades de 774 municípios do Estado de Minas Gerais. A preocupação é operar todo esse sistema com mais de 323 mil km de linhas de distribuição, o maior da América Latina, da forma mais satisfatória possível, preservando a qualidade.

Para atingir esse objetivo, a CEMIG busca, continuamente, novas técnicas, investe na preservação e aumento da segurança do sistema elétrico, etc.

Dados da CEMIG em 2002	
Nº de consumidores	5.591.490
Nº de localidades servidas	5.415
Sedes municipais	774
Distritos	510
Povoados	4.131

Fundada em 22 de maio de 1952, pelo então governador do Estado de Minas Gerais e, depois, presidente do Brasil, Juscelino Kubitscheck de Oliveira, com o objetivo de dar suporte a um amplo programa de modernização, diversificação e expansão do parque industrial do Estado, a CEMIG conseguiu cumprir o seu papel de ser um instrumento de desenvolvimento da economia mineira e, ao mesmo tempo, ser uma Empresa eficiente e competitiva.

A Usina de Gafanhoto foi o ponto de partida da CEMIG. Construída pelo Governo do Estado de Minas Gerais, em 1946, e transferida à CEMIG em 1952, Gafanhoto tem grande significado econômico, pois permitiu a implantação da Cidade Industrial de Contagem, o maior pólo industrial do Estado de Minas Gerais.

Depois vieram as usinas hidrelétricas de Itutinga, Piau, Salto Grande, Cajuru e Três Marias. Marco da participação da engenharia nacional na construção de grandes barragens, Três Marias possui um reservatório de uso múltiplo, que além de gerar energia viabiliza a navegação no rio São Francisco nos períodos de estiagem, o abastecimento urbano e a irrigação na região.

Na década de 60, com o apoio do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas e do Banco Mundial, foi levantado o potencial hidrelétrico de nossos rios e identificados os projetos mais viáveis. Assim, surgiram as hidrelétricas de Jaguara, Volta Grande, São Simão, Emborcação e Nova Ponte.

Principais Usinas (em 2002)	**Potência (MW)**
São Simão (rio Paranaíba)	1.710
Emborcação (rio Paranaíba)	1.192
Nova Ponte (rio Araguari)	510
Jaguara (rio Grande)	424
Miranda (rio Araguari)	408
Três Marias (rio São Francisco)	396
Volta Grande (rio Grande)	380
Outras	1.003
CAPACIDADE TOTAL	6.023

Para continuar garantindo o abastecimento do mercado de energia elétrica do País, a CEMIG, em parceria com empresas privadas, participa de consórcios para construir novas usinas no Estado do Estado de Minas Gerais.

Hoje, como uma das principais empresas integradas do Brasil, gera, transmite, distribui e comercializa energia elétrica para o segundo mercado consumidor do País, onde estão instaladas algumas das maiores empresas nas áreas de siderurgia, mineração, automobilística, metalurgia, etc.

Reconhecida pelo alto padrão técnico de seu pessoal, a CEMIG é considerada uma empresa modelo no setor elétrico brasileiro. A excelência técnica da CEMIG ultrapassou as fronteiras de sua área de concessão no Estado de Minas Gerais, atuando em outros estados brasileiros e em mais de dez países das Américas, Ásia e África, onde a marca CEMIG é sinônimo de excelência na venda de serviços e de consultoria para a área energética.

Há 51 anos, os compromissos da CEMIG vão além de produzir a melhor energia do Brasil. No mundo dos mercados virtuais, das tecnologias que vencem distâncias e barreiras geográficas em frações de segundos, a CEMIG investe na sua capacidade de garantir e preservar a mais importante energia desse planeta: a vida.

Para a CEMIG, o bem-estar social e o direito de cidadania às pessoas, são as premissas básicas para a promoção de uma ordem social centrada no ser humano. Por isso, não mede esforços para garantir ações, programas e investimentos que tenham o objetivo de melhorar e promover a qualidade de vida e o desenvolvimento social das comunidades em que atua.

A CEMIG sempre busca acompanhar permanentemente a evolução tecnológica, atuando em diversos projetos/programas, tais como: desenvolvimento de tecnologias, normalização interna e externa, fontes alternativas de energia, conservação de energia, segurança no trabalho, segurança do consumidor, interação com o mercado de energias, meio ambiente, etc.

1.14.2 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME, foi criada pela Lei 9.427, de 26/12/1996.

Principais atribuições:

- Regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, defendendo o interesse do consumidor;
- Mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores;
- Conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço;
- Exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

1.14.3 - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL

O objetivo do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, eliminando os desperdícios e reduzindo os custos e os investimentos setoriais.

Criado em dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, o PROCEL é gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás. Em 18 de julho de 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidade ampliadas.

O PROCEL tem diversos programas/projetos para o combate ao desperdício de energia, tais como: para os setores residencial, comercial, serviços, industrial, órgãos governamentais, iluminação pública, PROCEL nas Escolas, meio ambiente, etc.

Na área residencial, de uma forma geral, as atividades do Programa Residencial se baseiam em:

- qualificar produtos eficientes,
- divulgá-los no mercado consumidor,
- mobilizar os canais de distribuição para execução de parcerias em projetos de conservação de energia,
- conceber projetos que possam ser reproduzidos e executados em larga escala pelo Brasil,
- informar o consumidor sobre os produtos que proporcionam uma maior economia de energia ao longo de sua vida útil.

Em relação a eficiência de aparelhos elétricos e térmicos para o uso residencial, o PROCEL, estabelece os seguintes Selos:

a) Selo PROCEL de Economia de Energia

O Selo PROCEL de Economia de Energia é um instrumento promocional do PROCEL, **concedido anualmente**, desde 1993, aos equipamentos elétricos que apresentam os melhores índices de eficiência energética dentro das suas categorias. Sua finalidade é estimular a fabricação nacional de produtos eletroeletrônicos mais eficientes no subitem economia de energia e orientar o consumidor, no ato da compra, de forma que ele possa adquirir os equipamentos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética.

Os equipamentos que atualmente recebem o Selo são:

- Refrigerador de uma porta;
- Refrigerador Combinado;
- Refrigerador Frost-Free;
- Congelador vertical;
- Congelador horizontal;
- Ar-condicionado de janela;
- Motor elétrico de indução trifásico de potência até 250 CV;
- Coletor solar plano;
- Reservatórios Térmicos;
- Lâmpadas e reatores.

b) Selo PROCEL INMETRO de Desempenho

O Selo PROCEL INMETRO de Desempenho foi criado com o objetivo de promover o combate ao desperdício de energia elétrica e de ser uma referência na compra pelo consumidor. Ele é concedido desde novembro de 1998, com validade anual, e destina-se a produtos ou equipamentos na área de iluminação, nacionais ou estrangeiros, que contribuam para o combate ao desperdício de energia elétrica e que apresentem características de eficiência e qualidade conforme o padrão PROCEL.

O Selo PROCEL INMETRO é fruto de uma bem sucedida parceria entre PROCEL e INMETRO, iniciada com o Selo PROCEL de Economia de Energia e com o Programa Brasileiro de Etiquetagem. Essa parceria tem sido fundamental para o desenvolvimento de normas técnicas, à implementação dos programas e à fiscalização dos produtos.

Diferente do Selo PROCEL de Economia de Energia, que indica os melhores produtos de uma determinada categoria em relação à eficiência energética, o Selo PROCEL INMETRO indica os produtos que atendem aos padrões de eficiência e qualidade estabelecidos pelo PROCEL não existindo, nesse caso, uma análise comparativa entre os produtos, quanto aos níveis de eficiência.

Os produtos da área de iluminação que atualmente recebem o Selo PROCEL INMETRO são:

- lâmpadas Fluorescentes compactas integradas e não integradas;
- lâmpadas circulares integradas e não integradas;
- reatores adaptadores para lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares.

Observação: no site do PROCEL, encontram-se de forma atualizada, as tabelas com os equipamentos e suas informações técnicas, com o Selo PROCEL de Economia de Energia e com o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho.

1.14.4 – Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT

Fundada em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.

É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como Fórum Nacional de Normalização – ÚNICO – através da Resolução n.º 07 do CONMETRO, de 24.08.1992.

É membro fundador da ISO (International Organization for Standardization), da COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas) e da AMN (Associação Mercosul de Normalização).

A Normalização é uma atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto.

Os objetivos da Normalização são:

Economia	Proporcionar a redução da crescente variedade de produtos e procedimentos.
Comunicação	Proporcionar meios mais eficientes na troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços.
Segurança	Proteger a vida humana e a saúde.
Proteção do Consumidor	Prover a sociedade de meios eficazes para aferir a qualidade dos produtos.
Eliminação de Barreiras Técnicas e Comerciais	Evitar a existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando assim, o intercâmbio comercial.

Na prática, a Normalização está presente na fabricação dos produtos, na transferência de tecnologia, na melhoria da qualidade de vida através de normas relativas à saúde, à segurança e à preservação do meio ambiente.

Os benefícios da Normalização podem ser:

Qualitativos, permitindo:
- utilizar adequadamente os recursos (equipamentos, materiais e mão-de-obra),
- uniformizar a produção,
- facilitar o treinamento da mão-de-obra, melhorando seu nível técnico,
- registrar o conhecimento tecnológico,
- facilitar a contratação ou venda de tecnologia.

Quantitativos, permitindo:
- reduzir o consumo de materiais,
- reduzir o desperdício,
- padronizar componentes,
- padronizar equipamentos,
- reduzir a variedade de produtos,
- fornecer procedimentos para cálculos e projetos,
- aumentar a produtividade,
- melhorar a qualidade,
- controlar processos.

É ainda um excelente argumento de vendas para o mercado internacional como, também, para regular a importação de produtos que não estejam em conformidade com as normas do país importador.

1.14.5 – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Objetivando integrar uma estrutura sistêmica articulada, o Sinmetro, o Conmetro e o INMETRO foram criados pela Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973, cabendo a este último substituir o então Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM) e ampliar significativamente o seu raio de atuação a serviço da sociedade brasileira.

No âmbito de sua ampla missão institucional, o INMETRO objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. Sua missão é trabalhar decisivamente para o desenvolvimento sócio-econômico e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade brasileira, contribuindo para a inserção competitiva, para o avanço científico e tecnológico do país e para a proteção do cidadão, especialmente nos aspectos ligados à saúde, segurança e meio-ambiente.

Dentre as competências e atribuições do INMETRO destacam-se:

- Gerenciar os sistemas brasileiros de credenciamento de Laboratórios de Calibração e de Ensaios e de organismos de certificação e de inspeção;
- Fomentar a utilização de técnicas de gestão da qualidade na indústria nacional;
- Coordenar a Rede Brasileira de Laboratórios de Calibração (RBC), a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE) e a Rede Nacional de Metrologia Legal (RNML);
- Fiscalizar e verificar os instrumentos de medir empregados na indústria, no comércio e em outras atividades relacionadas à proteção do cidadão e do meio ambiente;
- Coordenar a participação brasileira em organismos internacionais relacionados com os seus objetivos;
- Secretariar o Conmetro e seus comitês técnicos;
- Desenvolver atividades de pesquisa básica e aplicada em áreas críticas da metrologia;
- Realizar os trabalhos inerentes à metrologia legal;
- Difundir informações tecnológicas, notadamente sobre metrologia, normas, regulamentos técnicos e qualidade;
- Supervisionar a emissão de regulamentos técnicos no âmbito governamental;
- Promover e supervisionar o sistema de normalização técnica consensual;
- Prover o país de padrões metrológicos primários, estruturar e gerenciar o sistema de referências metrológicas brasileiras e assegurar rastreabilidade aos padrões metrológicos das redes brasileiras de laboratórios credenciados;

- Delegar competência supervisionada a outras instituições para atuarem como referência metrológica nacional em áreas críticas para as quais não detém a competência técnica ou laboratorial;
- Conquistar o reconhecimento internacional do sistema de metrologia e do sistema brasileiro de credenciamento de laboratórios, de organismos de certificação e de organismos de inspeção.

NOTA: É importante também, consultar outros sites na Internet para manter-se informado e atualizado. Como exemplo, tem-se muitos bons sites de fabricantes de equipamentos elétricos. Nesse caso, além das informações técnicas sobre os produtos fabricados, costuma-se encontrar também, literaturas técnicas sobre diversos assuntos ligados a eletricidade.

Em caso de dúvidas, deve-se utilizar o e-mail ("Fale Conosco") do fabricante, para saná-las. Grande parte dos fabricantes têm o telefone 0800 (ligação gratuita), que também deve ser utilizado para sanar as dúvidas.

Exercícios

1 – Qual é a potência do transformador necessária para se ligar um motor de 7,5 cv com FP = 0,65? Calcular a corrente que circula pelo circuito para tensão igual a 220 Volts.

2 – Calcular o fator de potência de um transformador de 15 kVA a plena carga (100%), alimentando uma carga de 7,5 kW.

CAPÍTULO 2

CIRCUITOS ELÉTRICOS RESIDENCIAIS

2.1 – Introdução

Antes de iniciar propriamente o Capítulo 2 "Circuitos Elétricos Residenciais", serão abordadas algumas informações gerais, que poderão ser importantes para a compreensão deste Manual.

As instalações elétricas de baixa tensão são regulamentadas pela Norma Brasileira vigente, a NBR 5410/97 "Instalações Elétricas de Baixa Tensão" da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Essa Norma, também conhecida como NB 3, fixa os procedimentos que devem ter as instalações elétricas: PROJETO, EXECUÇÃO, MANUTENÇÃO e VERIFICAÇÃO FINAL, a fim de garantir o seu funcionamento adequado, a segurança das pessoas e de animais domésticos e aplica-se às instalações elétricas (novas e reformas das existentes) alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1.000 Volts em Corrente Alternada (CA).

As Concessionárias de energia por sua vez, fornecem a energia elétrica para os consumidores de acordo com a carga (kW) instalada e em conformidade com a legislação em vigor – Resolução nº 456 "Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica" de 29/11/00, da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que estabelece os seguintes limites para atendimento:

a) Tensão Secundária de Distribuição – Grupo B (Baixa Tensão): Quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW. Os consumidores do Grupo B são atendidos na tensão inferior a 2.300 Volts. No caso da CEMIG, os consumidores são atendidos na tensão 220/127 Volts (Trifásico);

b) Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: Quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW. No caso da CEMIG, os consumidores são atendidos geralmente na tensão de 13.800 Volts (Trifásico);

c) Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: Quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

Da legislação em vigor, a Resolução da ANEEL nº 456, de 29/11/00, foram retiradas as seguintes definições:

a) Carga instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

b) Consumidor: pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar a concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL, assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.

c) Contrato de adesão: instrumento contratual firmado entre a Concessionária de Energia Elétrica e o Consumidor cuja unidade consumidora seja atendida em Baixa Tensão (Grupo B), com cláusulas vinculadas às normas e regulamentos aprovados pela ANEEL, não podendo o conteúdo das mesmas ser modificado pela concessionária ou consumidor, a ser aceito ou rejeitado de forma integral.

d) Unidade consumidora: conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

O Artigo 3º Resolução da ANEEL nº 456, de 29/11/00, estabelece que efetivado o pedido de fornecimento de energia elétrica à concessionária, esta cientificará ao interessado quanto à **obrigatoriedade** de:

a) observância, nas instalações elétricas da unidade consumidora, das normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, pela **Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT** ou outra organização credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO, e das normas e padrões da concessionária, postos à disposição do interessado;

b) instalação, pelo interessado, quando exigido pela concessionária, em locais apropriados de livre e fácil acesso, de caixas, quadros, painéis ou cubículos destinados à instalação de medidores, transformadores de medição e outros aparelhos da concessionária, necessários à medição de consumos de energia elétrica e demandas de potência, quando houver, e à proteção destas instalações;

c) declaração descritiva da carga instalada na unidade consumidora;

d) celebração de contrato de fornecimento com consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “A”;

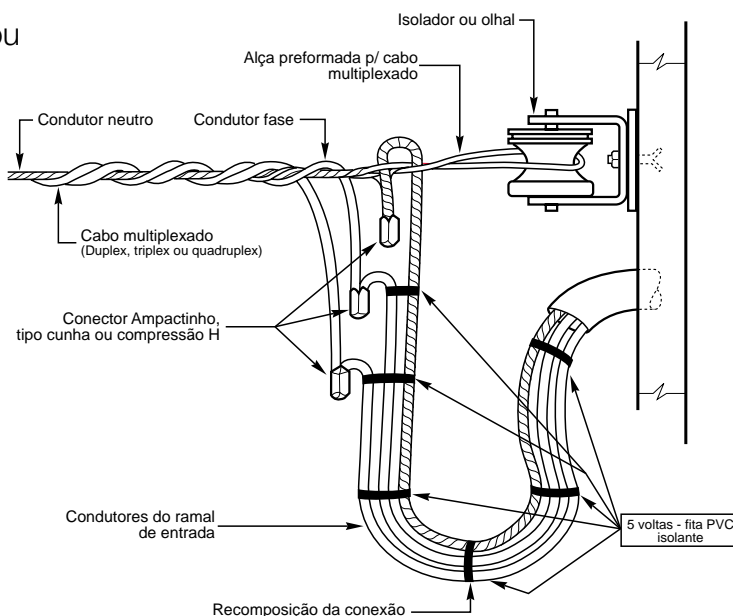
e) aceitação dos termos do contrato de adesão pelo consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “B”;

f) fornecimento de informações referentes a natureza da atividade desenvolvida na unidade consumidora, a finalidade da utilização da energia elétrica, e a necessidade de comunicar eventuais alterações supervenientes.

As Normas vigentes da CEMIG, ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea”, estabelecem que as unidades consumidoras ligadas em baixa tensão (Grupo B) podem ser atendidas das seguintes maneiras:

- A dois fios:
  - uma Fase e um Neutro
  - tensão de 127 V;

- A três fios:
  - duas Fases e um Neutro
  - tensões de 127 e 220 V, ou
  - tensões de 127 e 254 V;

- A quatro fios:
  - três Fases e um Neutro
  - tensões de 127 e 220 V.

NOTA: O que determina se a unidade consumidora será atendida por 2, 3 ou 4 fios, será em função da carga (kW) instalada. As Normas referenciadas anteriormente neste subitem 2.1, estabelecem os procedimentos que deverão ser seguidos.

A Norma vigente da CEMIG ND 5.1 "Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais" estabelece os seguintes tipos de ligações para as unidades consumidoras residenciais, de acordo com a Tabela 2.1 a seguir:

TIPOS DE LIGAÇÕES	**CARGAS**	**LIGAÇÃO**	
		Fases	Fios
A	Até 10 kW	1	2
B	Maior que 10 e menor ou igual a 15 kW	2	3
D	Maior que 15 e menor ou igual a 75 kW	3	4

Tabela 2.1

Observação: Deve-se consultar as Normas vigentes da CEMIG quanto a restrição de alguns tipos de cargas a serem instaladas/ligadas e a caracterização dos diversos tipos de ligação.

A Fatura de Energia Elétrica é definida pela Resolução da ANEEL nº 456, de 29/11/00, como a nota fiscal que apresenta a quantia total que deve ser paga (R$) pela prestação do serviço público de energia elétrica, referente a um período especificado, discriminando as parcelas correspondentes.

A Fatura de energia é também conhecida como Conta de Energia.É importante salientar, que de acordo com a legislação em vigor, a Resolução da ANEEL no 456, de 29/11/00, as unidades consumidoras residenciais atendidas pela CEMIG, terão as seguintes considerações básicas em relação a sua Fatura (conta) de Energia:

1. Unidade consumidora atendida a dois fios e faturada pela Tarifa Social:

a) toda unidade consumidora com consumo mensal inferior a 80 kWh, calculado com base na média móvel dos últimos doze meses, será faturada pela Tarifa Social, desde que o consumo mensal não ultrapasse por duas vezes a 80 kWh;
b) toda unidade consumidora com consumo mensal maior ou igual a 80 kWh e até 220 kWh, calculado com base na média móvel dos últimos doze meses, desde que o seu titular seja inscrito como beneficiário em um dos seguintes programas "Bolsa Escola", "Bolsa Alimentação" e "Cartão Cidadão do Governo Federal".

O consumidor que se enquadrar em uma dessas condições deverá se cadastrar na concessionária, com a fatura de energia elétrica e com o cartão de inscrição em um dos programas acima mencionados.

2. Unidade consumidora residencial atendida a dois fios e não classificada como baixa renda: não terá descontos escalonados nas tarifas de energia elétrica. Será cobrada a tarifa plena da classe Residencial. O consumo mínimo mensal de energia a ser faturado será de 30 kWh.

3. Unidade consumidora residencial atendida a três fios: não terá descontos escalonados nas tarifas de energia elétrica. Será cobrada a tarifa plena da classe Residencial. O consumo mínimo mensal de energia a ser faturado será de 50 kWh.

4. Unidade consumidora residencial atendida a quatro fios: não terá descontos escalonados nas tarifas de energia elétrica. Será cobrada a tarifa plena da classe Residencial. O consumo mínimo mensal de energia a ser faturado será de 100 kWh.

2.1.1 – Contatos com a CEMIG

A "Fale com a Cemig" foi criada para facilitar ainda mais a vida do consumidor, permitindo maior segurança, conforto e economia. Através do **0800 310 196** (ligação gratuita) o consumidor pode solicitar quaisquer serviços da Cemig durante 24 horas, sem necessidade de ir a uma Agência de Atendimento. É importante que, ao solicitar algum serviço, sempre tenha em mãos a Fatura de energia, CPF ou documento de identidade.

A seguir estão listados os principais serviços via telefone Fale com a Cemig – 0800 310 196:

Alteração de dados cadastrais;
Alteração de carga;
Alteração data de vencimento da fatura de energia (conta);
Consulta sobre débitos;
Desligamento a pedido;
Emissão de segunda via de conta;
Informações sobre Interrupção de energia;
Ligação Nova;
Ligação Provisória;
Problemas na Iluminação Pública;
Religação de unidade consumidora;
Reclamação sobre valores cobrados na fatura;
Tarifas e dados da Fatura de Energia (conta);
Verificar risco para terceiros, etc.

Observação: também pode-se usar o e-mail: atendimento@cemig.com.br

As Agências de Atendimento da CEMIG, também poderão prestar os esclarecimentos necessários quanto a Legislação em vigor e Normas da CEMIG.

2.1.2 – Qualidade dos Produtos e Serviços

Os produtos e serviços oferecidos aos consumidores devem estar em conformidade com a Legislação e Normas pertinentes em vigor, a fim de permitir o funcionamento adequado e seguro de toda a instalação elétrica e de seus componentes.

Os componentes devem ser selecionados e instalados de forma a satisfazerem as prescrições, das Normas vigentes: NBR 5410/97, Normas da ABNT aplicáveis a esses componentes e Normas da CEMIG.

Os componentes devem ser adequados a TENSÃO e a CORRENTE de toda a instalação elétrica da residência.

O Código de Defesa do Consumidor (Lei Federal nº 8.078, de 11/09/1990) prevê obrigações e responsabilidades, bem como, penalidades para os fabricantes, engenheiros, projetistas, técnicos, eletricistas instaladores, concessionárias de energia elétrica, revendedores, etc, quanto a qualidade dos produtos oferecidos e dos serviços prestados ao consumidor. Ver também o subitem 1.14 página 34.

Nesse sentido, a CEMIG sempre procura fornecer aos seus consumidores, uma energia elétrica de qualidade e continuidade, de acordo com a Legislação em vigor.

A Avaliação de Conformidade expedida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, demonstra a qualidade do: produto, serviço, processo ou profissional, desde que atenda a requisitos de normas ou regulamentos pré – estabelecidos.

Os principais aspectos que justificam a implantação de programas de avaliação da conformidade são:

Proporcionar a concorrência justa, estimular a melhoria contínua da qualidade, informar e proteger o consumidor, facilitar o comércio exterior possibilitando o incremento das exportações, e proteger o mercado interno.

A avaliação pode ser de primeira, segunda ou terceira parte, dependendo de quem a realiza:

- Primeira: é feita pelo fabricante ou pelo fornecedor;
- Segunda: é feita pelo comprador;
- Terceira: é feita por uma instituição com independência em relação ao fornecedor e ao cliente, não tendo, portanto, interesse na comercialização dos produtos.

Quando o processo de Avaliação da Conformidade é realizado pela terceira parte é de extrema importância que essa parte seja credenciada, já que o credenciamento é o reconhecimento, por um organismo credenciador, da competência dessa instituição para avaliar a conformidade de produtos, serviços ou sistemas de gestão e pessoal. O processo de Credenciamento de Organismos executores da certificação é o aspecto vital das atividades desenvolvidas pelos organismos de Avaliação da Conformidade. No Brasil, o organismo credenciador oficial é o INMETRO e os programas de avaliação adotados obedecem a práticas internacionais, baseadas em requisitos da ISO (International Organization for Standardization), entidade normalizadora internacional.

As cinco modalidades de Avaliação da Conformidade são:

- Certificação;
- Declaração do Fornecedor;
- Inspeção;
- Etiquetagem;
- Ensaios.

É importante observar que a Avaliação da Conformidade pode ser voluntária ou compulsória.

Voluntária: quando parte de uma decisão exclusiva do solicitante e tem como objetivo comprovar a conformidade de seus processos, produtos e serviços as normas nacionais, regionais e internacionais. Esse procedimento é usado por fabricantes ou importadores como meio de informar e atrair o consumidor.

Compulsória: quando é feita por um instrumento legal emitido por um organismo regulamentador e se destina, prioritariamente, à defesa dos consumidores, no que diz respeito a proteção da vida, da saúde e do meio ambiente.

Na página 209, Anexo 3, encontra-se a Portaria do INMETRO nº 27 de 18.02.00. Esta Portaria determina as exigências mínimas para a comercialização de dispositivos elétricos utilizados nas instalações elétricas de baixa tensão.

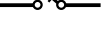
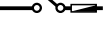
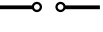
Na hora de escolher um componente para instalações elétricas é importante verificar se ele tem Avaliação de Conformidade do INMETRO. É a sua garantia de estar comprando ou especificando um produto, serviço, etc, que atenda as normas técnicas da ABNT.

É importante salientar que, todos os componentes de uma instalação elétrica, têm uma vida útil em termos de segurança e funcionamento adequados, estabelecidos por Normas técnicas vigentes da ABNT.

Ao adquirir um componente para a instalação elétrica, deve-se certificar com o vendedor a vida útil do componente. E não pode ser esquecido que deve ser feito um acompanhamento, a fim de evitar alguma surpresa desagradável no futuro quanto ao funcionamento do componente.

E lembre-se:

- Um Eletricista instalador não deve ser somente um "emendador de fios", e sim, ser competente, o responsável pela execução da instalação elétrica interna de uma residência, sendo capaz de executar, dar manutenção e efetuar a verificação final;
- Uma instalação elétrica interna, executada dentro das Normas da ABNT e da CEMIG, proporciona segurança e eficiência na utilização da energia elétrica, não fica tão mais cara (R$) quanto muita gente imagina.

No Anexo 4 página 214, encontra-se uma lista de endereços de Empresas, Entidades e Órgãos Governamentais que poderão ser úteis. Mantenha sempre em contato com eles, para ficar bem informado sobre o que está em vigência. A Internet é um bom caminho.

2.2 - Símbolos e Convenções

Os Símbolos e as Convenções são muito úteis para representação dos pontos e demais elementos que constituem os circuitos de um Projeto Elétrico.

A Norma da ABNT, a NBR 5444 – "Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais" da ABNT, estabelece os símbolos gráficos referentes às instalações elétricas prediais.

A seguir estão os principais símbolos e convenções usados neste Manual:

Condutores: Fase, Neutro e Retorno
Condutor de Proteção (PE)
Aterramento
1 2 3 Marcação de circuitos
Retorno do Interruptor Paralelo ("Three Way")
Retorno do Interruptor Intermediário ("Four Way")
Interruptor simples
2s Interruptor duplo
3w Interruptor Paralelo ("Three Way")
4w Interruptor Intermediário ("Four Way")
Caixa de passagem
Eletroduto embutido no teto ou parede
Eletroduto embutido no piso

Que sobe
Que desce
Ponto de luz incandescente
Ponto de luz fluorescente
Arandela média-altura
Arandela alta
Refletor
Tomada alta
Tomada média
Tomada baixa (de 30 a 40 cm do piso) (mínimo 25 cm)
Tomada de força (bipolar)
Tomada de força (tripolar)
Tomada para TV (antena)
Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC
Quadro de medição
Gerador
Motor
Cigarra
Campainha
Botão de campainha
Chave de faca (simples)
Chave de faca (bipolar)
Chave de faca (com fusível)
Disjuntor a seco

Convenção: Eletroduto não cotado – aquele que aparece mais no Projeto, por exemplo, 16 mm;
Fio não cotado – Idem, 1,5 mm^2.

2.3 - Dimensionamento de Carga

Para determinar a carga de uma instalação elétrica residencial, deve-se somar **todas** as cargas elétricas previstas para: as tomadas de uso geral, a potência das lâmpadas e dos demais equipamentos elétricos.

A Norma vigente da ABNT, a NBR 5410/97 "Instalações Elétricas de Baixa Tensão" determina que a previsão de cargas em VA (Volt Ampère, ver subitens 1.11.3 página 23 e 1.12 página 27) dos equipamentos deverá ser de acordo com as seguintes prescrições a seguir.

2.3.1 - Tomadas de Uso Geral

- Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias: para as 3 (três) primeiras tomadas, a carga mínima por tomada a ser conside rada, deverá ser de 600 VA. A partir da quarta tomada (se existir), deverá ser considerada a carga mínima de 100 VA para cada tomada.
  IMPORTANTE: A determinação da carga deverá ser feita, considerando cada um desses cômodos separadamente;
- Em subsolos, garagens, sótão, varandas: deverá ser prevista no mínimo uma tomada de 1.000 VA;
- Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

2.3.2 - Tomadas de Uso Específico

- Considerar a carga do equipamento elétrico a ser ligado, fornecida pelo Fabricante;
- Ou então, calcular a carga a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência (ver subitens 1.11 página 21 e 1.12 página 27) do equipamento elétrico.

2.3.3 - Iluminação

A iluminação adequada deve ser calculada de acordo com a Norma vigente NBR 5413/92 "Iluminação de Interiores", da ABNT. Entretanto a Norma NBR 5410/97 estabelece como alternativa que para determinar as cargas de iluminação em unidades consumidoras residenciais, poderão ser adotados os seguintes critérios:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- Em cômodos ou dependências com área superior a 6 m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2, acrescidas de 60 VA para cada aumento de 4 m^2.

IMPORTANTE: Os valores apurados correspondem à potência destinada a iluminação para o efeito de dimensionamento dos circuitos elétricos e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

Exemplo: Qual a carga de iluminação incandescente a ser instalada numa sala de 3,5 m de largura e 4 m de comprimento?

- A área da sala: 3,5 m x 4 m = 14 m^2
- Carga para a Iluminação:
- Para os primeiros 6 m^2: 100 VA. Para os outros 8 m^2: 60 VA + 60 VA;
- A Carga total será: 100 VA + 60 VA + 60 VA = **220 VA**

A Tabela 2.2 a seguir fornece os dados para calcular, de uma maneira prática, a carga de iluminação incandescente para cômodos, com área variando de 6 a 30 m^2.

ÁREA DO CÔMODO (m^2)	**CARGA DE ILUMINAÇÃO (VA)**
Até 6	100
De 6,1 a 10	160
De 10,1 a 14	220
De 14,1 a 18	280
De 18,1 a 22	340
De 22,1 a 26	400
De 26,1 a 30	460

Tabela 2.2

2.4 - Número Mínimo de Tomadas por Cômodo

Cada cômodo de uma residência deverá ter tantas tomadas, quantos forem os aparelhos elétricos a serem instalados/ligados dentro do mesmo. Uma sala de estar, por exemplo, deve ter tomadas de uso geral para individuais: o televisor, os aparelhos de som, vídeo, abajures, aspirador de pó, etc.

A Norma vigente, a NBR 5410/97 determina as seguintes quantidades mínimas de Tomadas de Uso Geral em uma residência:

- 1 tomada por cômodo para área igual ou menor do que 6 m^2;
- 1 tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, para áreas maiores que 6 m^2;
- 1 tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro para copas, cozinhas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias, sendo que acima de cada bancada de 30 cm ou maior, deve ser prevista pelo menos uma tomada;
- 1 tomada em sub-solos, sótãos, garagens e varandas;
- 1 tomada junto ao lavatório, em banheiros.

NOTA: O perímetro de um cômodo, é calculado somando o comprimento de cada lado deste cômodo. Exemplo: A sala referenciada no subitem 2.3.3 página 51, de 3,5 m de largura e 4 m de comprimento, tem o seguinte perímetro:

$$2 \times 3{,}5\ \text{m} + 2 \times 4\ \text{m} = \mathbf{15\ m}$$

2.5 - Divisão de Circuitos Elétricos

A Norma vigente, a NBR 5410/97 – "Instalações Elétricas de Baixa Tensão", **determina que sejam separados** os circuitos elétricos de Tomadas de Uso Geral e o de Iluminação.

Deverá ser previsto um circuito elétrico, também separado, para cada equipamento elétrico de corrente nominal superior a 10 A (1.270 VA em 127 V), como os chuveiros elétricos, fornos elétricos, fornos de microondas etc.

É importante que uma instalação elétrica seja dividida em circuitos elétricos parciais para facilitar: a inspeção, a manutenção, a proteção (ver Capítulo 4 página 86) será melhor dimensionada, reduz as quedas de tensão (ver subitem 3.3.2.2 página 73) e aumenta a segurança.

Se na residência tiver um só circuito para toda a instalação elétrica, o Disjuntor (ver subitem 4.6.2 página 107) deverá ser de grande capacidade de interrupção de corrente, sendo que, um pequeno curto-circuito poderá não ser percebido por ele.

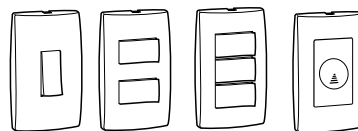
Entretanto, se na residência tiver diversos circuitos e com vários disjuntores de capacidades de interrupção de corrente menores e dimensionados adequadamente, aquele pequeno curto-circuito poderá ser percebido pelo Disjuntor do circuito em questão, que o desligará. Com isso somente o circuito onde estiver ocorrendo um curto-circuito ficará desligado (desenergizado).

Cada circuito elétrico deve ser concebido de forma que possa ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida, através de outro circuito.

IMPORTANTE: A Norma NBR 5410/97 determina que o condutor Neutro deverá ser único para cada circuito elétrico, isto é, cada circuito elétrico deverá ter o seu próprio condutor Neutro. Este condutor só poderá ser seccionado, quando for recomendado por esta Norma (NBR 5410/97). Ver subitem 4.6.3 página 111.

2.6 - Interruptores e Tomadas de Uso Geral

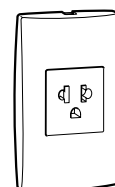
Existem diversos tipos de Interruptores e Tomadas de Uso Geral, sendo que cada um, é adequado para uma determinada utilização. Sempre devem ser consultados os catálogos de fabricantes com o objetivo de identificar, quais os dispositivos mais apropriados para cada situação.

Os Interruptores podem ser simples, duplos, triplos, intermediários, paralelos, bipolares, “dimmers”, pulsadores, etc, sendo que cada um é próprio para ser usado em uma determinada função específica. Uns tipos proporcionam mais conforto e segurança, economia de energia do que os outros.

Os “dimmers” são interruptores que, através de um circuito (geralmente eletrônico), variam a intensidade luminosa da lâmpada instalada em seu circuito, podendo proporcionar economia de energia elétrica (ver Capítulo 7 página 189).

Existem interruptores tipo “dimmer” nos modelos de interruptor simples e interruptor paralelo (ver subitem 2.7.1 página 59).

A instalação do “dimmer” é feita do mesmo modo que a do interruptor correspondente. Ver manual do fabricante.

NOTA: Para as lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares, existe um tipo de “dimmer” específico. Ver Capítulo 7 página 189.

As Tomadas de Uso Geral, recomendadas são as de 2P + TU, para conter os Condutores Fase, Neutro e o de Proteção (PE ou fio terra). Essas Tomadas de 3 pólos apresentam disposições e tipos de pólos diferentes para cada encaixe de plugues. Ver subitem 2.6.2 página 56.

Também existem as Tomadas de 2 pólos.

Os Interruptores e Tomadas de Uso Geral para serem utilizados em instalações elétricas residenciais, são feitos para suportar com segurança, uma determinada corrente e tensão, máximas.

As correntes elétricas máximas para as Tomadas, geralmente são de 10, 15 ou 20 A. A tensão elétrica, normalmente é de 250 V.

O significado dos dados técnicos dos dispositivos projetados para suportar uma corrente elétrica máxima de 10 A e uma tensão elétrica de 250 V, é o seguinte:

- Em termos de corrente elétrica: não ligar uma carga em 127 V, maior do que 1.270 VA (10 A x 127 V).
- Em termos de tensão elétrica: não ligar esses dispositivos em um o circuito elétrico, quando a tensão elétrica for maior do que 250 Volts.

Outros dispositivos para o uso em instalações elétricas residenciais, geralmente são projetados para capacidades diferentes, como por exemplo: os “dimmers” carga de 40 VA a 300 VA em 127 V. Em 220V de 60 VA a 500 VA. Os pulsadores corrente de 2 A em 250 V.

OBSERVAÇÃO: Existem diversos dispositivos com valores de carga diferentes (menores ou maiores) dos mencionados anteriormente. Por isso, sempre deve ser consultado os catálogos dos fabricantes de dispositivos, para se certificar para qual a corrente e tensão, máximas, foi projetado o dispositivo para funcionar.

2.6.1 – Conformidade dos Interruptores e Tomadas

É importante que todo produto esteja em conformidade com as normas vigentes da ABNT.

Para exemplificar, serão relacionados alguns testes que um interruptor tem que se submeter para comprovar que está dentro de norma da ABNT e receber a marca de conformidade do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Para os Interruptores a Norma NBR 6527 e para as Tomadas de Uso Geral a NBR 6147.

- Os organizadores que irão conhecer a fábrica, analisam as máquinas, laboratórios e a equipe técnica. Após aprovarem tudo, iniciam as provas nos produtos.
- Isolamento e rigidez dielétrica: o interruptor tem que resistir a 2.000 V, sem deixar passar corrente de fuga, com resistência superior a mínima aceitável, que é de 5 Megaohms.
- Elevação de temperatura: ligam um condutor apertando um pouco o parafuso do borne do interruptor, durante 1 hora, passando 35% da corrente nominal e o interruptor não pode aquecer mais de 45 ºC.
- Sobrecorrente e durabilidade: primeiro o interruptor tem que resistir a 200 mudanças de posição, ou seja, 100 "liga-desliga" com tensão 10% e corrente 25% superior a nominal, além de um fator de potência extremamente desfavorável (0,3). Segundo, o interruptor passa por mais de 40 mil mudanças de posição, com corrente e tensão nominal, ou seja, 250 V e 10 A.
- Resistência mecânica: recebe o impacto de um martelo com 150 gramas a uma altura de 10 cm, e o produto não pode apresentar rachadura por onde pudesse ter acesso as partes energizadas do produto.
- Resistência ao calor: o produto é colocado em uma estufa a 100 ºC, sem umidade, durante uma hora e não pode apresentar deformações.
- Prova de resistência ao calor anormal ou fogo: um fio incandescente a 850 ºC que provoca fogo é colocado sobre o produto e embaixo deste produto é colocado um papel de seda a uma altura de 20 cm. Retira-se o fio em menos de 30 segundos e o papel de seda não deve inflamar com o gotejamento.

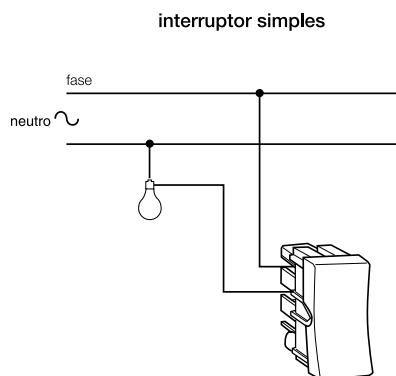
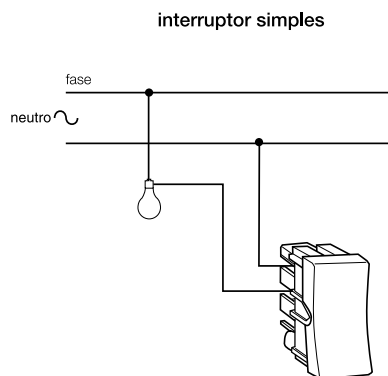
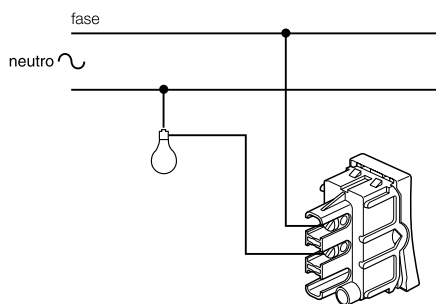
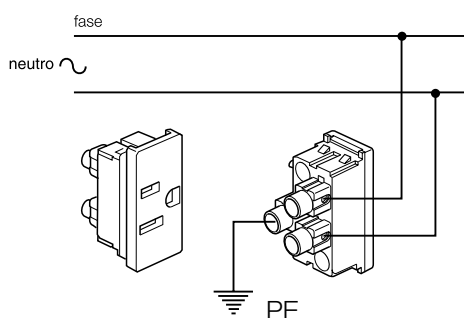
Como pode ser observado, o interruptor terá que resistir a 40 mil mudanças de posição (manobras), com tensão e corrente nominal, bornes enclausurados, evitando contatos acidentais e a resistência a impactos.

Tomadas de Uso Geral - 10 mil mudanças de posição (inserção e retirada do plugue), bornes enclausurados, evitando contatos acidentais, resistência a impactos.

Plugues monoblocos - 10 mil mudanças de posição (inserção e retirada da tomada), prensa-cabo que não permite que o cabo solte quando puxado.

NOTA: Todo componente de uma instalação elétrica, tem que obedecer uma ou mais Normas da ABNT. É importante identificá-las e conhecê-las.

2.6.2 - Esquemas de Ligações Elétricas de Interruptores e Tomadas

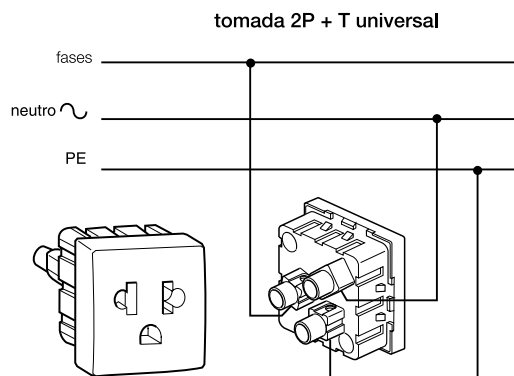
A seguir estão apresentados os esquemas de ligações elétricas de alguns tipos de interruptores e tomadas de uso geral:

Observação: O condutor Neutro deve ser **sempre** ligado em um ponto (ou polo) do Receptáculo (ou porta-lâmpada) da luminária e o Condutor Fase em um ponto Interruptor. O Condutor Retorno sai do outro ponto do Interruptor, indo até ao outro ponto Receptáculo, completando assim, o circuito elétrico.

Tomada e interruptor na mesma caixa

Observação: Apesar da Tomada e do Interruptor estarem na mesma caixa, os circuitos elétricos devem ser distintos. Nas Tomadas, além da seção mínima dos condutores ser de 2,5 mm^2 e das cores de Isolação serem diferentes (ver Capítulo 3 página 64), deve-se ligar o Condutor Fase, o Condutor Neutro e o Condutor de Proteção (PE).

A seguir, serão feitos comentários sobre as Tomadas de Uso Geral que ainda não estão em de acordo com a NBR 14136 (ver subitem 2.6 página 53).

Geralmente as Tomadas de Uso Geral, existentes, têm orifícios “redondos” junto com orifícios “chatos”.

Os orifícios “chatos” de encaixe na Tomada de 3 pólos (2P + T), são diferentes entre si. O plugue do aparelho elétrico, só é encaixado em uma determinada posição, o que dá mais segurança.

Veja a figura a seguir.

É importante salientar que na Tomada de 3 (três) pólos, os fios do circuito de tomadas da instalação elétrica, devem ser ligados desta forma:

- **Condutor Fase –** Deve ser ligado ao lado direito da Tomada. Esse pólo é do tipo “chato” e menos largo do que o do Neutro.
- **Condutor Neutro –** Deve ser ligado do lado esquerdo da Tomada, onde geralmente poderá estar escrito a letra “W”. Esse pólo do tipo “chato”, é mais largo do que o da Fase.

Por uma Norma americana, o condutor Neutro deverá ser identificado pela cor branca (“White”, daí a identificação pela letra “W”). Os aparelhos elétricos de procedência americana, um dos fios de ligação do aparelho, o de lista branca, está no mesmo lado desse pino “chato” mais largo.

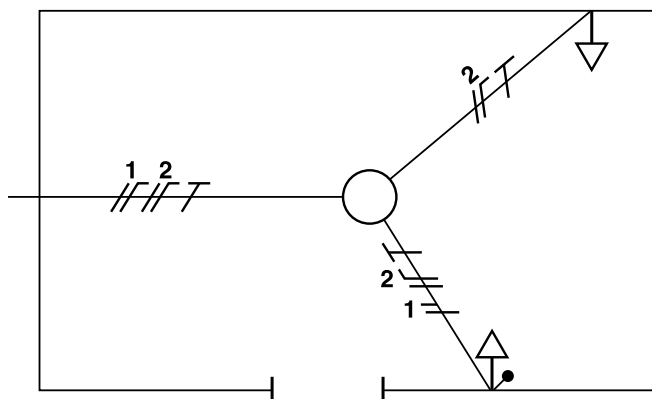
- **Condutor de Proteção (PE) –** Deve ser ligado na parte inferior da Tomada, onde geralmente está escrito a letra “G” (do inglês “Ground”, que significa aterramento). Também está mostrado o símbolo do aterramento ⏚ .
Ver subitem 4.4.3 página 100.

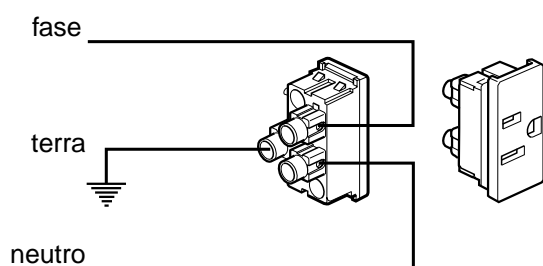
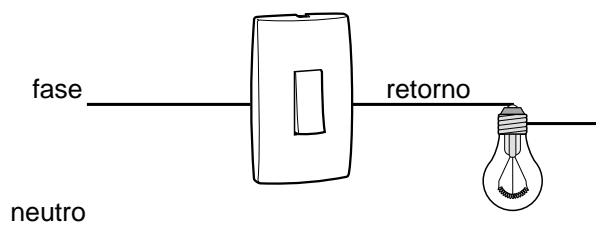
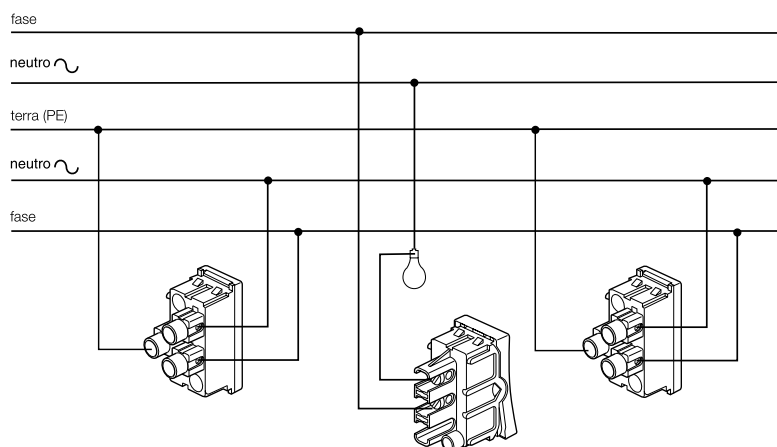
Observação: Essas tomadas **não** permitem que um pino do condutor Fase, entre no local onde é destinado para o condutor de Proteção (PE), por exemplo.

Se uma tomada de 3 pólos for diferente da descrita neste subitem 2.6.1, devem ser identificados os pólos dos condutores Fase, Neutro e o de Proteção, de acordo com um catálogo de tomadas do fabricante, com o objetivo de realizar a correta ligação nos respectivos condutores.

NOTA: Existem tomadas com 2 pólos, com orifícios “redondos” junto com orifícios “chatos”, sendo que estes últimos, existe um pólo “chato” mais largo do que o outro. O condutor Neutro, deverá ser ligado nesse pólo “chato” mais largo.

Será apresentado a seguir, o esquema elétrico da seguinte situação: considerando o cômodo de um quarto, que tem o interruptor ao lado da porta com uma tomada abaixo dele (a 30 cm do piso) e uma tomada em outra parede.

A representação esquemática do Projeto Elétrico (ver subitem 2.2 página 49) deverá ser:

O esquema das ligações é:

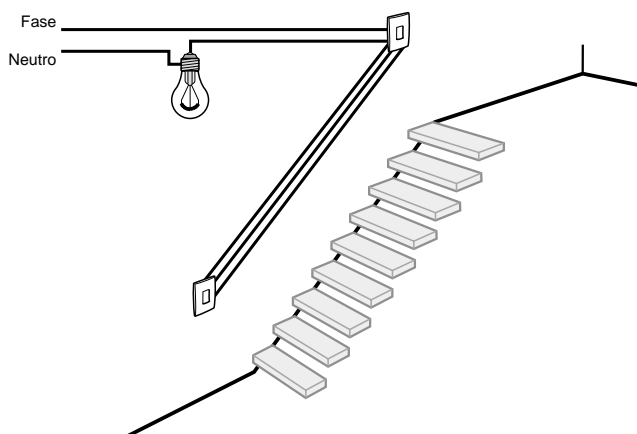
- Tomada de Uso Geral

- Interruptor e luminária/lâmpada

O esquema para a ligação elétrica deverá ser:

2.7 – Interruptor Paralelo e o Interruptor Intermediário

É muito importante a necessidade de controlar uma ou várias lâmpadas situadas no mesmo ponto, de mais de um local diferente.

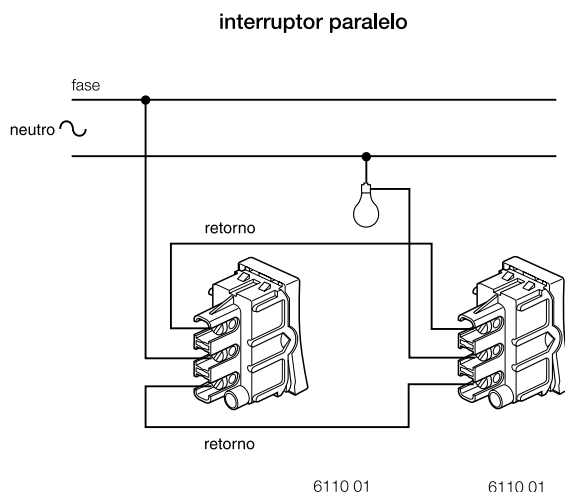
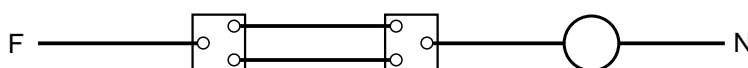
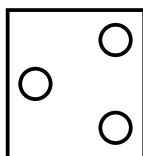
Exemplo: em uma escada, é bom que tenha um interruptor em cada uma das extremidades, ligados à mesma lâmpada. Isso possibilita uma pessoa acender a lâmpada ao chegar e apagá-la quando atingir a outra extremidade da escada.

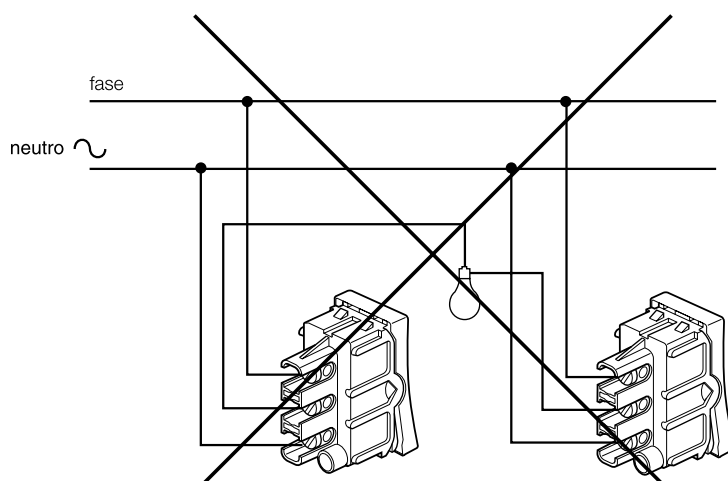
Nas salas, quartos, corredores, cozinhas, na iluminação externa, etc, também é importante controlar uma ou mais lâmpadas de lugares diferentes.

Nestes casos utiliza-se um conjunto de interruptores Paralelo, conhecido também, como "Three Way" ou um conjunto de interruptores Intermediário ("Four Way").

Esses Interruptores além de maior conforto para o usuário, aumenta os aspectos quanto a segurança, devido ao comando da iluminação, em mais de um ponto.

2.7.1 - Interruptor Paralelo ("Three Way")

Através desse Interruptor pode-se comandar uma lâmpada (ou conjunto de lâmpadas) de 2 (dois) locais diferentes.

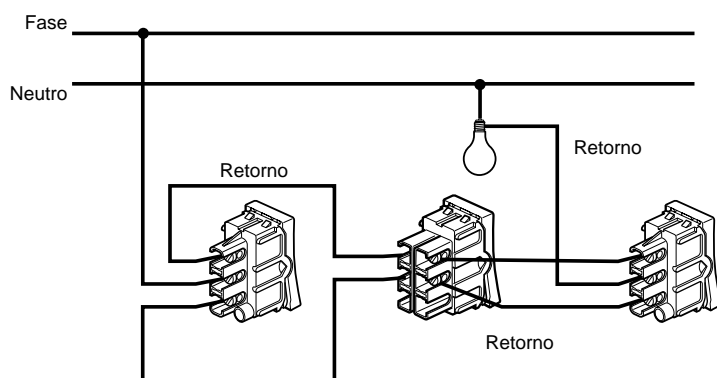
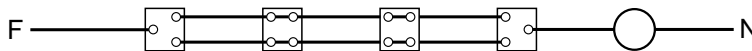
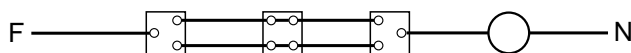
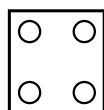
O esquema **CORRETO** de ligação do conjunto, deverá ser:

1) O Condutor Neutro é ligado em um ponto no Receptáculo da luminária;
2) O Condutor Fase deverá ser ligado em um dos Interruptores Paralelos, no pino central. Dos outros dois pinos deste Interruptor, deverão sair 2 condutores de Retorno, até o outro Interruptor Paralelo;
3) Do pino central deste segundo Interruptor Paralelo, sairá outro condutor de retorno, que deverá ser ligado no outro pólo do receptáculo da luminária, completando assim, o circuito elétrico.

Observação: Às vezes a ligação de um conjunto de Interruptores Paralelo, é feita conforme o esquema a seguir. Essa ligação está **INCORRETA**, portanto, não deve ser feita, pois o condutor Fase e o Condutor Neutro, são ligados no próprio interruptor, o que tem uma grande possibilidade de ocorrer um curto-circuito e defeito, colando em risco as pessoas.

INSTALAÇÃO INCORRETA

2.7.2 - Interruptor Intermediário ("Four Way")

É usado quando se deseja comandar uma lâmpada ou um conjunto de lâmpadas de mais de dois locais diferentes.

O interruptor Intermediário ("Four Way") é colocado/instalado entre dois interruptores Paralelo ("Three Way").

Podem ser instalados tantos interruptores Intermediários ("Four Way") quantos forem necessários os pontos de comando, no mesmo circuito.

O esquema a seguir, mostra uma ligação de uma lâmpada comandada de 3 locais diferentes, com a utilização de 1 interruptor Intermediário ("Four Way") e 2 interruptores Paralelo ("Three Way").

1) O Condutor Neutro é ligado em um ponto no Receptáculo da luminária;
2) O Condutor Fase deverá ser ligado em um dos Interruptores Paralelos, no pino central. Dos outros dois pinos deste Interruptor, deverão sair 2 condutores de Retorno, indo até aos dois pinos do mesmo lado do Interruptor Intermediário;
3) Dos outros dois pinos do Interruptor Intermediário, sairão 2 condutores de Retorno, que deverão ser ligados no segundo Interruptor Paralelo;
4) Do pino central deste segundo Interruptor Paralelo, sairá outro condutor de Retorno, que deverá ser ligado no outro polo do Receptáculo da luminária, completando assim, o circuito elétrico.

2.8 – Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC

O Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC deverá ser feito de material metálico e ser instalado em local de fácil acesso, preferencialmente no centro de cargas da instalação elétrica e possuir uma identificação do lado externo de seus componentes – Dispositivos de Proteção e de Segurança e dos Circuitos Elétricos com as respectivas cargas (ver subitem 5.3.7.5 página 170).

A Norma NBR 5410/97 estabelece que deverá ser prevista em cada QDC, uma capacidade de reserva (espaço), que permita ampliações futuras da instalação elétrica interna, compatível com a quantidade e tipo de circuitos efetivamente previstos inicialmente, conforme a seguir:

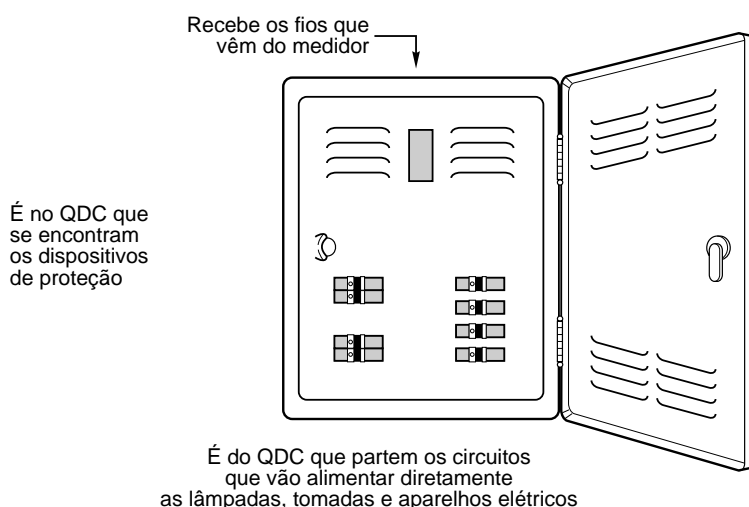
- QDC com até 6 circuitos, prever espaço de reserva para o mínimo 2 circuitos;
- QDC de 7 a 12 circuitos, prever espaço de reserva para o mínimo 3 circuitos;
- QDC de 13 a 30 circuitos, prever espaço de reserva para o mínimo de 4 circuitos;
- QDC acima de 30 circuitos, prever espaço de reserva para o mínimo de 15% dos circuitos.

No Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC, deverão ser instalados os dispositivos de proteção para os respectivos circuitos (um para cada circuito).

O QDC deverá conter/possibilitar a instalação de:

- Barramentos para os condutores das Fases;
- Terminal para ligação do condutor Neutro;
- Terminal para ligação do condutor de Proteção (PE);
- Disjuntores Termomagnéticos;
- Dispositivos Diferencial-Residual – DR;
- Dispositivos contra sobretensões, etc.

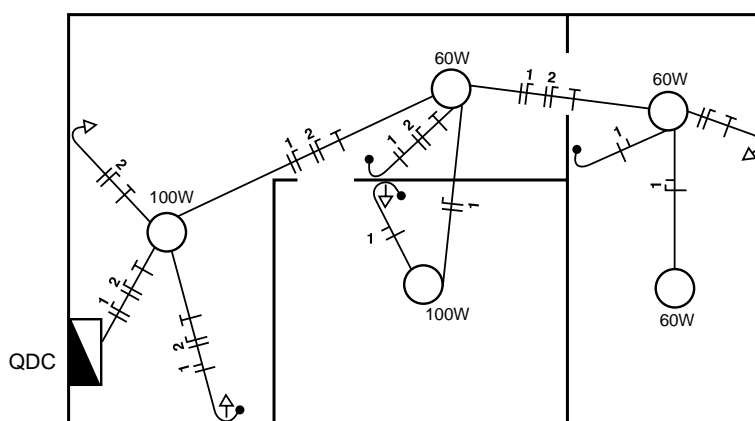
O Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC deve ser bem fechado, com o objetivo de evitar que as pessoas acidentem ao encostar acidentalmente ou manusear os dispositivos de segurança. Também deve possibilitar o enclausuramento das partes energizadas (conexões dos cabos com os dispositivos de proteção e de segurança, barramentos, etc).

IMPORTANTE: O Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC é o centro de distribuição de energia de toda a instalação elétrica de uma residência.

2.9 - Cálculo da Corrente Elétrica de um Circuito

Como foi visto, a corrente elétrica é calculada pela fórmula:

$$I = \frac{VA}{U}$$

Para determinar a corrente de um circuito elétrico, deve-se somar todas as cargas (Potência) ligadas nesse circuito e dividi-la pela tensão.

Exemplo - Considerar os circuitos elétricos a seguir.

Para U = 127 Volts, tem-se:

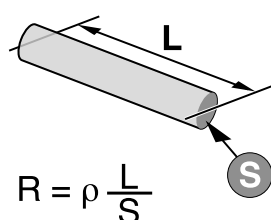
- Iluminação: 100 + 60 + 100 + 60 + 60 = 380 VA
  Corrente I_1 = 380 VA / 127 V = 3,0 A

- Tomadas: 4 x 100 = 400 VA
  Corrente I_2 = 400 VA / 127 V = 3,2 A

Potência total = 380 VA + 400 VA = 780 VA
Corrente Total = $I_1 + I_2$ = 3,0 + 3,2 = 6,2 A

Exercícios:

1 – Dimensionar a carga mínima de iluminação e de tomadas de uso geral de uma sala de 4,5 m de largura por 6,0 m de comprimento. Calcular a potência e corrente total dessas cargas.

2 – Dar dimensões para os cômodos do exemplo do subitem 2.9 página 63 e recalcular as cargas para a Iluminação, Tomadas e determinar as potências e as correntes.

CAPÍTULO 3

CONDUTORES ELÉTRICOS

3.1 - Introdução

Os metais são condutores de corrente elétrica. Entretanto determinados metais conduzem melhor a corrente elétrica do que outros, ou seja, alguns oferecem menor resistência à passagem da corrente elétrica.

A resistência elétrica de um condutor pode ser expressa pela fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Onde:

	Unidade
R = Resistência elétrica do condutor	Ω
ρ = Resistividade (varia com o material empregado)	$\Omega mm^2/m$
L = Comprimento do condutor	m
S = Seção (área) transversal do condutor	mm^2

Observação: O inverso da resistência elétrica, tem o nome de Condutividade.

Os metais mais usados para condução de energia elétrica são:

Prata - utilizada em pastilhas de contato de contatores, relés, etc;

Resistividade média é 0,016 $\Omega mm^2/m$ a 20ºC;

Cobre - utilizado na fabricação de fios em geral e equipamentos elétricos (chaves, interruptores, tomadas, etc).

Resistividade média do cobre duro é 0,0179 $\Omega mm^2/m$ a 20ºC;

Alumínio - utilizado na fabricação de condutores para linhas e redes por ser mais leve e de custo mais baixo. Os condutores de alumínio podem ser de:

CA – alumínio sem alma de aço

CAA - alumínio enrolado sobre um fio ou cabo de aço ("alma de aço")

Resistividade média é 0,028 $\Omega mm^2/m$ a 20º C.

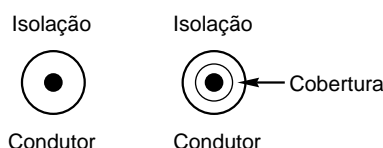
Observação: comparando os valores de resistividade do cobre e alumínio, pode ser verificado que o cobre apresenta menor resistividade, conseqüentemente para uma mesma seção (mm^2), os condutores de cobre, conduzem mais corrente elétrica.

3.2 – Considerações Básicas sobre os Condutores

Os condutores de metal podem ter os seguintes tipos de formação:

- **Fio –** formado por um único fio sólido;
- **Cabo –** formado por encordoamento de diversos fios sólidos.

Esses condutores podem ser isolados ou não:

- **Isolação –** é um termo qualitativo referindo-se ao tipo do produto da capa para isolar eletricamente o condutor de metal;
- **Isolamento –** é quantitativo, referindo-se à classe de tensão para a qual o condutor foi projetado;
- Quando o condutor não tem isolação (capa) é chamado de condutor "Nu".

A camada de isolação de um condutor, pode ser de compostos termoplásticos como o PVC (Cloreto de Polivinila) ou por termofixos (vulcanização) como o EPR (Borracha Etileno-propileno) e o XLPE (Polietileno Reticulado) etc.

Os condutores isolados são constituídos em dois tipos: "à prova de tempo" e para instalações embutidas.

Os primeiros só podem ser usados em instalações aéreas, uma vez que a sua isolação não tem a resistência mecânica necessária para a sua instalação em eletrodutos.

Os outros podem ser usados em qualquer situação.

A escala de fabricação dos condutores adotada no Brasil é a "série métrica" onde os condutores são representados pela sua seção transversal (área) em $\mathbf{mm^2}$ (leia-se: milímetros quadrados). Normalmente são fabricados condutores para transportar a energiaelétrica nas seções de 0,5 mm^2 a 500 mm^2. Os fios são geralmente encontrados até a seção de 16 mm^2.

A Norma vigente, a NBR 5410/97 prevê em instalações de baixa tensão, o uso de condutores isolados (unipolares e multipolares) e cabos "nus" (utilizados principalmente em Aterramentos, ver subitem 4.4.1 página 97).

Um Condutor Isolado é constituído por um fio ou cabos recoberto por uma isolação.

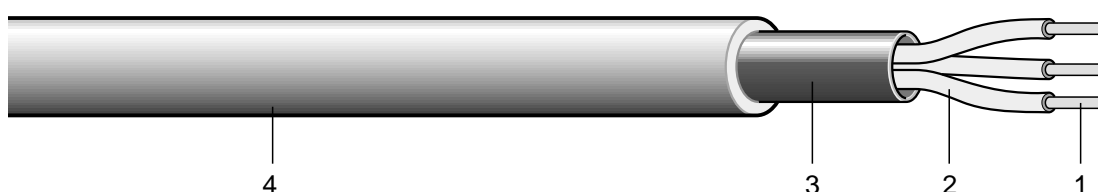
Um Cabo Unipolar é constituído de um condutor isolado recoberto por uma camada para a proteção mecânica, denominada cobertura.

Condutores isolados (fios)

(1) Condutor sólido de fio de cobre nu, têmpera mole.
(2) Camada interna (composto termoplático de PVC) cor branca até a seção nominal de 6 mm^2.
(3) Camada externa (composto termoplático de PVC) em cores.

Condutores isolados (cabos)

(1) Condutor formado de fios de cobre nu, têmpera mole (encordoamento).
(2) Camada interna (composto termoplático de PVC) cor branca até a seção nominal de 6 mm^2.
(3) Camada externa (composto termoplático de PVC) em cores.

Um Cabo Multipolar é constituído por dois ou mais condutores isolados, envolvidos por uma camada para a proteção mecânica, denominada também, de cobertura.

(1) Condutor formado de fios de cobre nu, têmpera mole (encordoamento).
(2) Isolação (composto termoplático de PVC) em cores.
(3) Capa interna de PVC.
(4) Cobertura (composto termoplático de PVC) cor preta (cabos multipolares).

Um Cabo "Nu" é constituído apenas pelo condutor propriamente dito, sem isolação, cobertura ou revestimento.

3.3 - Seção (mm^2) de Condutores

A Norma vigente, a NBR 5410/97 só admite nas instalações elétricas residenciais, **o uso de condutores de cobre**, salvo para os casos de condutores de aterramento e proteção, que têm especificações próprias. Em caso de dúvidas, deve-se consultar esta Norma.

3.3.1 - Seção Mínima e Identificação dos Condutores de Cobre

As seções **mínimas** dos condutores de cobre para a Fase, o Neutro e para o condutor de Proteção (PE), definas pela Norma NBR 5410/97, deverão ser:

a) Condutor Fase

- Circuito de Iluminação: **1,5 mm^2**
- Circuito de Força - Tomadas de Uso Geral ou Específico: **2,5 mm^2**

Observações:

- Nos cordões flexíveis para ligação de aparelhos eletrodomésticos, abajures, lustres e aparelhos semelhantes, poderão ser usados, o condutor de 0,75 mm^2;
- A seção correta do condutor de cobre, deverá ser calculada conforme o subitem 3.3.2 página 68.

b) Condutor Neutro – este condutor, deve possuir a mesma seção (mm^2) que o condutor Fase, nos seguintes casos:

- Em circuitos monofásicos a 2 e 3 condutores e bifásicos a 3 condutores, qualquer que seja a seção (mm^2);
- Em circuitos trifásicos, quando a seção dos condutores Fase for inferior a 25 mm^2;
- Em circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicas, qualquer que seja a seção (mm^2).

Observação: A Norma vigente, a NBR 5410/97, estabelece também, outro modo para o dimensionamento do condutor Neutro, que não se aplica nesse Manual. Em caso de dúvidas, deve-se consultar a Norma NBR 5410/97.

c) Condutor de Proteção (PE) – este condutor, deverá ser dimensionado de acordo com a Tabela 3.1:

Seção dos condutores da Fase - S (mm^2)	Seção Mínima dos condutores de Proteção - S_p (mm^2)
S menor ou igual a 16 mm^2	Igual a do condutor Fase
S maior do que 16 e menor do que 35 mm^2	Igual ao condutor 16 mm^2
S maior do que 35 mm^2	Igual a metade da S do condutor Fase

Tabela 3.1

A identificação dos condutores Fase, Neutro e Proteção, é feita através de cores padronizadas da Isolação, com o objetivo de facilitar a execução e/ou manutenção/ reforma na instalação elétrica, bem como, aumenta a segurança da pessoa que está lidando com a instalação elétrica.

A Norma NBR 5410/97 determina que os condutores isolados devem ser identificados pela cor da Isolação, conforme a sua função:

- **Condutor Neutro:** a isolação deve ser sempre na cor azul claro;
- **Condutor de Proteção (PE):** a isolação deve ser na cor dupla verde amarela. Na falta da dupla coloração, admite-se o uso da cor verde;
- **Condutor Fase:** a isolação deverá ser de cores diferentes dos condutores, Neutro e o de Proteção (PE). Por exemplo: usar isolação de cores vermelha e/ou preta.

Nota: Em nenhuma hipótese, podem ser trocadas essas cores. Exemplo os cabos com isolação verde-amarela não podem ser utilizados como condutor Fase.

3.3.2 – Cálculo da Seção dos Condutores

Para a determinação da seção (mm^2) mínima dos condutores, dois critérios básicos deverão ser adotados:

1. Limite de Condução de Corrente e
2. Limite de Queda de Tensão.

IMPORTANTE: Os dois critérios deverão ser feitos separadamente.
O condutor a ser adotado, deverá ser o de maior Seção (mm^2).

É importante observar que a seção mínima admissível dos condutores para instalações elétricas residenciais, é aquela definida no subitem 3.3.1 página 67. Portanto após a elaboração dos dois critérios, caso se chegue a um condutor de menor (mais fino) seção (mm^2) do que aquele recomendado, **deverá ser adotado o condutor indicado (seção mínima)** no subitem 3.3.1 página 67.

3.3.2.1 - Limite de Condução de Corrente de Condutores

Ao circular uma corrente elétrica em um condutor, ele aquece e o calor gerado é transferido para o ambiente em redor, dissipando-se.

Se o condutor está instalado ao ar livre a dissipação é maior.

Caso o condutor esteja instalado em um eletroduto embutido na parede, a dissipação do calor é menor.

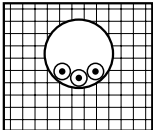
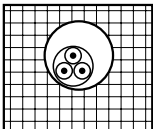
Quando existem vários condutores no mesmo eletroduto embutido, as quantidades de calor, geradas em cada um deles se somam aumentando ainda mais a temperatura dentro desse eletroduto.

Os condutores são fabricados para operar dentro de certos limites de temperatura, a partir dos quais começa a haver uma alteração nas características de Isolação/Isolamento, que deixam de cumprir as suas finalidades.

A Tabela 3.2 (da Norma NBR 5410/97) a seguir, mostra as temperaturas características de condutores utilizados em instalações elétricas residenciais.

TIPO DE ISOLAÇÃO	**Temperatura máxima para o serviço contínuo do condutor (°C)**	**Temperatura limite de sobrecarga do condutor (°C)**	**Temperatura limite de curto circuito do condutor (°C)**
Cloreto de Polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha Etileno - propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno Reticulado (XLPE)	90	130	250

Tabela 3.2

A Norma da ABNT, NBR 5410/97 define que os condutores com isolamento termoplástico, para instalações residenciais, sejam especificados para uma temperatura de trabalho de 70ºC (PVC/70ºC) e as tabelas de capacidade de condução de corrente, são calculadas tomando como base este valor e a temperatura ambiente de 30ºC.

A Tabela 3.3 (da Norma NBR 5410/97) a seguir, especifica a capacidade de condução de corrente elétrica para condutores de cobre, instalados em eletrodutos embutidos alvenaria (na parede).

CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPERES, PARA CONDUTORES DE COBRE ISOLADOS, ISOLAÇÃO DE PVC, TEMPERARATURA AMBIENTE DE 30ºC E TEMPERATURA DE 70ºC NO CONDUTOR

SEÇÃO NOMINAL EM (mm²)	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	
	2 Condutores Carregados	3 Condutores Carregados
0,75	11	10
1	14	12
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4	32	28
6	41	36
10	57	50
16	76	68
25	101	89
35	125	110
50	151	134
70	192	171
95	232	207
120	269	239

Tabela 3.3

	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.
	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.

Quando a temperatura ambiente for superior a 30ºC e/ou o número de condutores instalados no mesmo eletroduto for superior a 3 (três), a Norma vigente, a NBR 5410/97 determina que os valores da Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" coluna "2 Condutores Carregados" deverão levar em consideração os seguintes fatores de redução: de TEMPERATURAS (Tabela 3.4) e/ou NÚMEROS DE CONDUTORES (Tabela 3.5), para determinar a nova Capacidade de Condução de Corrente do condutor.

TEMPERATURAS	
Temperatura do Ambiente (ºC)	Fator de Redução
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50

Tabela 3.4

NÚMERO DE CONDUTORES	
Número de Condutores no mesmo Eletroduto	Fator de Redução
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9 a 11	0,50
12 a 15	0,45
15 a 19	0,41
Mais de 20	0,38

Tabela 3.5

De acordo com a Norma vigente, a NBR 5410/97 número de condutores carregados a ser considerado é o de condutores efetivamente percorridos por corrente. Assim tem-se:

- Circuito trifásico sem neutro = 3 condutores carregados;
- Circuito trifásico com neutro = 4 condutores carregados;
- Circuito monofásico a 2 condutores = 2 condutores carregados;
- Circuito monofásico a 3 condutores = 3 condutores carregados;
- Circuito bifásico a 2 condutores = 2 condutores carregados;
- Circuito bifásico a 3 condutores = 3 condutores carregados.

NOTAS: De acordo com a Norma NBR 5410/97, tem-se:

1) Quando num circuito trifásico com Neutro as correntes são consideradas equilibradas, o condutor Neutro não deve ser computado, considerando-se, portanto, 3 condutores carregados.

2) O condutor utilizado unicamente como o condutor de Proteção (PE) não é considerado como carregado.

3) Serão aplicados simultaneamente os dois fatores (temperatura e número de condutores) quando as duas condições se verificarem ao mesmo tempo.

4) Os fatores de correção de TEMPERATURA (Tabela 3.4) e de NÚMERO DE CONDUTORES (Tabela 3.5), foram calculados admitindo-se todos os condutores vivos permanentemente carregados, **com 100% (cem por cento) de sua carga**.

A seguir será apresentado um exemplo da utilização dessas Tabelas. Determinar o condutor capaz de transportar uma corrente de 38 A, sendo que todos os condutores do circuito estão permanentemente carregados, com 100% de sua carga, nos três casos indicados:

a) Dois condutores carregados instalados em eletroduto embutido em alvenaria e temperatura ambiente de 30ºC;
b) Seis condutores carregados instalados em eletroduto embutido em alvenaria e temperatura ambiente de 30ºC;
c) Seis condutores carregados instalados em eletroduto embutido em alvenaria e temperatura de 45ºC.

Solução:

a) 38 A - 2 condutores no eletroduto embutido em alvenaria - 30ºC.

Trata-se da aplicação direta da Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” da página 70. Consultando a primeira coluna “2 Condutores Carregados”, verifica-se que o condutor correto é o de 6 mm^2.

b) 38 A - 6 condutores no eletroduto embutido em alvenaria - 30ºC.

Neste caso deve ser aplicado o Fator de Redução correspondente ao número de condutores no mesmo eletroduto. Pela Tabela 3.4 página 71, o Fator de Redução para 6 condutores carregados é 0,57.

Dividindo a corrente elétrica pelo Fator de Redução, tem-se:

I = 38 / 0,57 = **66,7 A**

Consultando a Tabela 3.3 página 70 “Capacidade de Condução de Corrente” coluna “2 Condutores Carregados”, verifica-se que o condutor correto é o de **16 mm^2**.

Ao invés de dividir a corrente pelo Fator de Redução, poderia ser feito também, a multiplicação do Fator de Redução pelos valores tabelados, até se obter um número compatível com a corrente a ser transportada. Entretanto este método poderá ser mais trabalhoso.

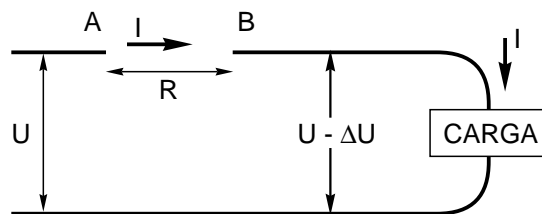
c) 38 A - 6 condutores no eletroduto embutido em alvenaria - 45ºC.
Neste caso devem ser aplicados os dois Fatores:
- 6 condutores - Fator de Redução é de 0,57 (Tabela 3.5);
- 45ºC - Fator de Redução é de 0,79 (Tabela 3.4).

I = 38 / (0,57 x 0,79) = **84,4 A**

Consultando a Tabela 3.3 página 70 "Capacidade de Condução de Corrente, na coluna "2 Condutores Carregados", verifica-se que o condutor apropriado é o de **25 mm²**.

3.3.2.2 - Limite de Queda de Tensão

Como foi visto no subitem 3.1 página 64, todo condutor tem uma certa resistência elétrica. Quando circula uma corrente elétrica por uma resistência, há uma dissipação de potência em forma de calor e, conseqüentemente, uma queda de tensão no condutor.

Na figura a seguir, a carga C é alimentada por um circuito formado com condutores: um trecho com um condutor de maior seção (mais grossos) sendo que será desconsiderada a resistência elétrica deste condutor e com um trecho (A-B) de condutor de menor seção (mais fino), de resistência elétrica R.

Pela Lei de Ohm (subitem 1.4 página 13), a queda de tensão no trecho A-B é dada por:

$U_{AB} = \Delta U = RI$

A potência dissipada (perda de potência) no trecho A-B, é:

$W_{AB} = \Delta UI = (RI) \times I$
$W_{AB} = \Delta W = RI^2$

Devido a queda de tensão (ΔU), a tensão aplicada à carga será igual a $U - \Delta U$. Como a potência é determinada pelo produto da corrente pela tensão aplicada, teremos na carga:

$W = (U - \Delta U) \times I$

Observe que a potência na carga é menor, devido a queda de tensão ΔU no trecho A-B.

Exemplo: No Circuito da figura anterior, serão consideradas as seguintes situações:

a) O condutor de todo o circuito é composto somente do condutor de maior seção (mais grosso). Será desconsiderado o valor de sua resistência elétrica (R = zero);

b) O circuito é composto de: uma parte com um condutor de maior seção (mais grosso) onde será desconsiderado também, o valor de sua resistência elétrica (R = zero) e outra parte (trecho A-B) com um condutor de menor seção (mais fino), com uma resistência elétrica de R = 1 Ω.

A tensão aplicada é U = 127 V e a corrente I = 10 A. Calcular as Potências na carga, a queda de tensão e a perda de potência.

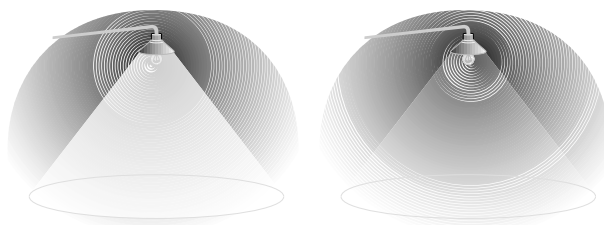
Solução:

a) Como o condutor de maior seção (mais grosso) praticamente não tem resistência elétrica, R = 0 W, não há queda de tensão (ΔU), portanto não há perda de potência (ΔW).

a1) Queda de Tensão

ΔU = RI

ΔU = 0 Ω x 10 A

ΔU = 0 V **(não há queda de tensão)**

a2) Perda de Potência

$\Delta W = RI^2$

$\Delta W = 0\ \Omega \times (10)^2$ A

ΔW = 0 W **(não há perda de potência)**

a3) Potência na Carga

W = UI

W = 127 V x 10 A

W = 1.270 W (potência na carga)

b) O condutor de menor seção (mais fino, trecho A-B) tem uma resistência elétrica de R = 1 Ω. Portanto há uma queda de tensão (ΔU) e perda de potência (ΔW) no condutor.

No circuito com o condutor de maior seção, conforme visto no subitem a), o valor da resistência elétrica foi desconsiderado (R = zero), portanto não há queda de tensão e perda de potência neste trecho.

No trecho de menor seção:

b1) Queda de Tensão

$\Delta U = RI$
$\Delta U = 1\ \Omega \times 10\ A$
$\Delta U = 10\ V$ **(queda de tensão no trecho)**

b2) Perda de Potência

$\Delta W = RI^2$
$\Delta W = 1\ \Omega \times (10)^2\ A$
$\Delta W = 100\ W$ **(perda de potência do trecho)**

b3) Potência na Carga

$W = (U - \Delta U) \times I$
$W = (127 - 10)\ V \times 10\ A$
$W = 117 \times 10$
$W = 1.170\ W$ (potência na carga)

NOTA: A resistência elétrica dos condutores depende de uma série de fatores, tais como, qualidade do material, espessura do fio, temperatura de trabalho, freqüência da rede, etc.

No Anexo 5 página 215, encontra-se a Tabela com os valores médios das "Características dos Condutores Isolados em PVC/70 °C", com valores de resistência de diversos condutores. Observe que, quando aumenta a seção do condutor, a resistência elétrica vai diminuindo e capacidade de condução de corrente vai aumentando (ver Tabela 3.3 página 70).

3.3.2.2.1 – Queda de Tensão Percentual (%)

A Queda de Tensão pode ser expressa em valores percentuais (%), sendo o seu valor é calculado da seguinte maneira:

$$\Delta \mathbf{U}\ (\%) = \frac{\mathbf{U}\ \text{de entrada} - \mathbf{U}\ \text{na carga}}{\mathbf{U}\ \text{de entrada}} \times 100\%$$

Do exemplo do subitem 3.3.2.2 página 73, tem-se:

U de entrada	=	127 V
ΔU na carga	=	10 V
U na carga	= 127 - 10 =	**117 V**

A queda de tensão percentual era, portanto:

$$\Delta U(\%) = \frac{(127 - 117)}{127} \times 100\% = \mathbf{7{,}9\%}$$

A Norma vigente, a NBR 5410/97 determina que a queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser maior do que 4%, para as instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão a partir de uma Rede de Distribuição de uma Concessionária de Energia Elétrica (a CEMIG, por exemplo).

Neste Manual, será considerado que esses **4%** de queda de tensão admissíveis serão assim distribuídos:

Até o medidor de energia:	**1%**
Do medidor até o Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC:	**1%**
A partir do QDC:	**2%**

O cálculo da queda de tensão através de fórmulas com os dados do circuito elétrico pode ser relativamente trabalhoso.

Com o objetivo de facilitar os cálculos de queda de tensão, foram elaboradas tabelas, que são utilizadas pelos seguintes procedimentos:

1 - Momento Elétrico (ME)
2 - Queda de Tensão em V/A.km

3.3.2.2.1.1 - Momento Elétrico (ME)

O Momento Elétrico (ME) é igual ao produto da corrente (A) que passa pelo condutor pela distância total em metros (m) desse circuito:

$$\mathbf{ME = A.m}$$

Estão apresentadas a seguir, Tabelas práticas do produto Ampère x Metro (A.m) para quedas de tensão com diferentes valores percentuais (1%, 2% e 4%) e de tensões aplicadas, para condutores de cobre com isolamento em PVC/70ºC.

A Tabela 3.6 apresenta o Momento Elétrico (A.m) utilizando os condutores em Eletroduto de Material Não Magnético e a Tabela 3.7 apresenta o Momento Elétrico (A.m) utilizando os condutores em Eletroduto de Material Magnético.

Momento Elétrico (A.m) – Eletroduto de Material Não Magnético									
Condutor (mm²)	127 V Monofásico			220 V Monofásico			220 V Trifásico		
	1%	2%	4%	1%	2%	4%	1%	2%	4%
1,5	55	110	221	96	192	383	111	222	443
2,5	91	182	363	157	314	628	179	358	715
4	141	282	564	244	488	977	282	564	1127
6	218	436	871	357	714	1427	412	824	1648
10	332	664	1327	574	1148	2297	666	1332	2664
16	498	996	1992	863	1726	3451	995	1990	3981
25	726	1452	2903	1257	2514	5028	1457	2914	5828
35	941	1882	3763	1630	3260	6519	1880	3760	7521
50	1176	2352	4704	2037	4074	8148	2340	4680	9361
70	1494	2988	5976	2588	5176	10353	3014	6028	12055
95	1841	3682	7363	3188	6376	12753	3667	7334	14667

Tabela 3.6

Momento Elétrico (A.m) – Eletroduto de Material Magnético									
Condutor (mm²)	127 V Monofásico			220 V Monofásico			220 V Trifásico		
	1%	2%	4%	1%	2%	4%	1%	2%	4%
1,5	55	110	221	96	192	383	110	220	440
2,5	91	182	363	157	314	628	183	366	733
4	146	292	584	253	506	1012	293	586	1173
6	219	438	876	379	758	1517	431	862	1725
10	363	726	1451	395	790	1581	733	1466	2933
16	552	1104	2208	957	1914	3867	1128	2256	4513
25	847	1694	3386	1467	2934	5867	1732	3464	6929
35	1146	2292	4586	2000	4000	8000	2316	4632	9263
50	1530	3060	6121	2651	5302	10603	3056	6112	12223
70	2082	4164	8328	3607	7214	14427	4151	8302	16604
95	2702	5404	10809	4681	9362	18724	5366	10732	21464

Tabela 3.7

3.3.2.2.1.2 - Queda de Tensão em V/A.km

A Queda de Tensão em V/A.km, é dado pela expressão abaixo:

$$\Delta U = \Delta U_{V/A.km} \times I \times L$$

Onde ΔU = Queda de tensão em Volts
$\Delta U_{V/A.km}$ = Queda de tensão em V/A.km (Ver tabelas de fabricantes de condutores de cobre)
I = Corrente elétrica do circuito, em Ampères (A)
L = Comprimento do circuito em km

As Tabela 3.8 e 3.9 a seguir, apresentam os valores de queda de tensão em V/A.km, para condutores de cobre com isolamento em PVC/70ºC.

Eletroduto de Material Não Magnético		
Seção do Condutor (mm^2)	**Circuito Monofásico (V/A.km)**	**Circuito Trifásico (V/A.km)**
1,5	27,6	23,9
2,5	16,9	14,7
4	10,6	9,15
6	7,07	6,14
10	4,23	3,67
16	2,68	2,33
25	1,71	1,49
35	1,25	1,09
50	0,94	0,82

Tabela 3.8

Eletroduto de Material Magnético	
Seção do Condutor (mm^2)	**Circuito Monofásico e Trifásico (V/A.km)**
1,5	27,4
2,5	16,8
4	10,5
6	7
10	4,2
16	2,7
25	1,72
35	1,25
50	0,95

Tabela 3.9

3.3.2.2.1.3 – Exemplos dos Cálculos de Queda de Tensão

A seguir está apresentado um exemplo para a utilização das Tabelas para o cálculo da queda de tensão percentual, utilizando os dois métodos – Momento Elétrico (ME) e o de Queda de Tensão V/A.km:

a) Determinar a bitola dos condutores em eletrodutos a serem ligados a uma carga trifásica situada a 50 metros de distância e cuja corrente é de 25 A, a tensão do circuito é 220V e a queda de tensão não pode ultrapassar a 4%;
b) Determinar a queda de tensão percentual com a utilização do cabo calculado no subitem a).

Serão calculados os valores de queda de tensão desse problema pelo método do **Momento Elétrico (ME)** e de **Queda de Tensão em V/A.km.**

1 - Momento Elétricos (ME):

a) O Momento Elétrico (ME) neste caso é:

$$25 \text{ A} \times 50 \text{ m} = 1.250 \text{ A.m}$$

Consultando a Tabela 3.6 página 77 de “Eletroduto de Material não Magnético” na coluna referente a circuitos trifásicos, 220 V e 4% de queda de tensão, tem-se:

Fio de 4 mm^2 - Momento elétrico = 1.127 A.m

Fio de 6 mm^2 - Momento elétrico = 1.648 A.m

O valor calculado de 1.250 A.m está situado entre estes dois valores. Neste caso deve-se escolher o condutor de maior seção, ou seja, o fio de **6 mm^2**.

Pela Tabela 3.3 da página 70 “Capacidade de Condução de Corrente” coluna 3 condutores carregados, o fio de 6 mm^2, conduz **36 A**.

b) Como o momento elétrico calculado (1.250 A.m), é menor que o do condutor utilizado (1.648 A.m), a queda de tensão será menor.

Para determinar o valor percentual da queda de tensão, basta fazer um cálculo com a “regra de três”:

ME do condutor	1.648 A.m	U%	=	4%
ME calculado	1.250 A.m	U1%	=	?

$$U_1\% = \frac{1.250 \times 4}{1.648} = \mathbf{3\%}$$

2 - Queda de Tensão em V/A.km

Pela Tabela 3.3 da página 70 “Capacidade de Condução de Corrente” – Eletroduto Embutido – coluna 3 Condutores Carregados, o fio 6 mm^2 conduz 36 Ampères, portanto adequado em termos de capacidade de condução de corrente para este circuito.

Pela Tabela 3.8 página 78 “Eletroduto de Material Não Magnético”, tem-se que o fio de 6 mm^2, para o circuito trifásico tem 6,14 V/A.km.

Transformando 50 metros em quilômetros =

$$\frac{50 \text{ metros}}{1.000} = 0{,}05 \text{ km}$$

$$\Delta U = \Delta U_{V/A.km} \times I \times L$$

Então, $\Delta U = 6{,}14 \times 25 \times 0{,}05 = \mathbf{7{,}68\ V}$

A queda de tensão percentual será:

$$\frac{7{,}68}{220} \times 100\% = \mathbf{3{,}5\ \%}$$

Como a queda máxima de tensão desejada é de 4%, o fio 6 mm^2 é adequado.

Observação: Como foi visto acima neste exemplo, os 2 métodos utilizados levaram a valores percentuais diferentes de queda de tensão. Isto é devido aos arredondamentos e aproximações dos valores calculados das Tabelas.

Em caso de dúvidas, use os dois métodos e escolha o cabo de maior bitola ou então procure uma literatura especializada, onde são estabelecidos os procedimentos técnicos e matemáticos mais precisos para os cálculos de quedas de tensão em circuitos elétricos.

NOTA: *Pelo método de Queda de Tensão em V/A.km, é necessário transformar os comprimentos dos circuitos, dados em metros, para quilômetros, o que poderá ocorrer erros com mais facilidade nesta transformação. Devido aos comprimentos dos circuitos elétricos residenciais serem normalmente de pequenas dimensões, este Manual adotará para calcular a queda de tensão, o método do* ***Momento Elétrico (ME)****.*

3.3.3 - Exemplos do Dimensionamento da Seção de Condutores

Como foi visto no subitem 3.3.2 página 68, “deverá sempre ser adotado o resultado que levar ao condutor de maior seção (mm^2)”. Assim, para o dimensionamento dos condutores de um circuito, deve ser determinada a corrente (A) que circulará pelo mesmo e o seu Momento Elétrico (ME) (A.m). Consultando as tabelas de “Capacidade de Condução Corrente” (Tabela 3.3 página 70) e a de “Momentos Elétricos” e o subitem 3.3.1 página 67, escolhe-se a seção (mm^2) do condutor que deverá ser utilizado.

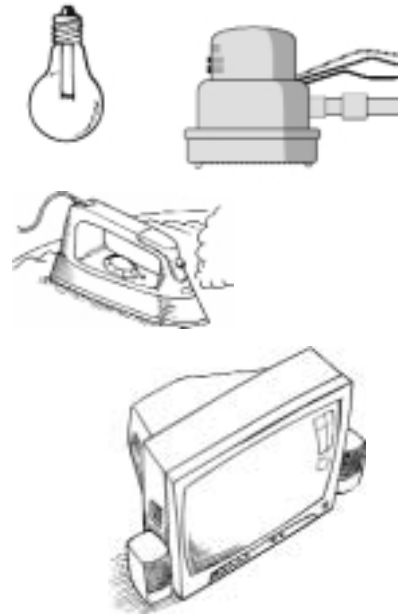
Os exemplos a seguir, explicam de maneira mais clara o cálculo das seções (mm^2) dos condutores.

Exemplo 1:

Uma residência, com a carga estabelecida a seguir, deverá ser alimentada através de uma rede de baixa tensão da CEMIG, ligação a 2 fios, 127 V. Determinar a seção (mm^2) e a quantidade (metros) dos condutores para o ramal que vai do Quadro do Medidor do Padrão CEMIG até o QDC através de um eletroduto embutido na parede em linha reta.

A distância é de 6 m e a Δ U máxima admissível é de 1%.

CARGA NA RESIDÊNCIA

1 chuveiro:	4.400 VA
10 lâmpadas de 60 W:	600 VA
1 ferro elétrico:	1.000 VA
1 TV:	80 VA
Outros:	300 VA
TOTAL DA CARGA:	**6.380 VA**

Cálculo da corrente:

$$\frac{6.380\ VA}{127\ V} = \mathbf{50,2\ A}$$

Cálculo do Momento Elétrico (ME):

$$ME = A \times m$$
$$ME = 50,2\ A \times 6\ m = 301\ A.m \text{ (Ampère x metro)}$$

Consultando a Tabela 3.6 na página 77 de Momentos Elétricos (127 V - 1% - Eletroduto de Material não Magnético), verifica-se que o fio indicado é o de 10 mm^2. O Momento Elétrico é de 332 A.m.

Consultando a Tabela 3.3 na página 70 “Capacidade de Condução de Corrente verifica-se que a corrente máxima admissível para o fio de 10 mm^2 com eletroduto instalado na parede (2 condutores carregados) é de 57 A.

Resposta: 12 m de condutor de cobre de 10 mm^2.

Exemplo 2:

Uma carga trifásica de 16 kW, 220 V, deve ser ligada a partir do QDC, está situada a 10 m de distância deste. A fiação deverá ser instalada em um eletroduto não metálico aparente. Dimensionar os condutores. Δ U máxima admissível, é de 2%.

Carga: 16 kW = 16.000 W

Cálculo da corrente:

$$I = W / (\sqrt{3} \times U)$$

$$I = \frac{16.000\ W}{(\sqrt{3}\ \times\ 220\ V)} = \mathbf{42\ A}$$

Cálculo do Momento Elétrico (ME):

$$ME = 42\ A \times 10\ m = 420\ A.m$$

Consultando a Tabela 3.6 página 77 “Momento Elétrico – Eletrodutos de Materiais Não Metálicos” para o momento elétrico de 420 A.m (queda de tensão de 2% trifásico), verificamos que o fio indicado é o de 4 mm².

Entretanto, pela Tabela 3.3 página 80 “Capacidade de Condução de Corrente”, a corrente máxima admissível para o fio de 4,0 mm² instalado em eletroduto é de 28 A. Para a corrente calculada de 42 A, deveremos utilizar o fio de 10 mm², cuja corrente máxima admissível é de 50 A.

Usando esse condutor de 10 mm² (2%, trifásico, o ME= 1.332 A.m), a queda de tensão percentual no ramal será:

ME do condutor 10 mm² é 1.332 A.m $\quad U\% = 2\ \%$
ME calculado é 420 A.m $\quad U_1\% = ?$

$$U_1\% = \frac{420 \times 2}{1.332} = \mathbf{0{,}63\ \%}$$

Resposta: Fio 10 mm².

Exemplo 3:

Considerando um chuveiro elétrico de 4.400 Watts – 127 Volts em uma residência com 4 pessoas, funcionando em média, 8 minutos para cada banho, durante 30 dias por mês. A distância do Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC, é de 20 metros. Considerar a queda máxima de tensão admissível de 2%.

Dimensionar os cabos e a perda do consumo energia elétrica (kWh) nos cabos desse circuito elétrico do chuveiro, durante um ano.

Solução:

Dos itens 1.6 (página 14) e 1.7 (página 15), tem-se as seguintes fórmulas:

$P = U \times I$
$P = R \times I^2$
$I = U / R$
$E = P \times t$

a) Cálculo da corrente elétrica:

$$I = \frac{4.400 \text{ Watts}}{127 \text{ Volts}} = \mathbf{34,6\ A}$$

b) Tempo médio mensal em horas, dos banhos das 4 pessoas:

$$4 \text{ banhos} \times \frac{8 \text{ minutos/dia}}{60 \text{ minutos}} \times 30 \text{ dias} = 16 \text{ horas de banhos / mês}$$

c) Energia (kWh) total consumida em banhos por mês:

4.400 Watts x 16 horas de banho/mês = 70.400 Watt hora = **70,40 kWh**

d) Dimensionamento dos condutores:

O Momento Elétrico Me = 20 metros x 34,6 A = 692 A.m

Pela Tabela 3.6 página 77 de Momento Elétrico (A.m) coluna 127 V Monofásico com queda de tensão de 2%, o condutor recomendado é do de 16 mm², com o A.m de 996.

Pela Tabela 3.3 página 70 "Capacidade de Condução de Corrente", a corrente máxima admissível para o fio de 16,0 mm² instalado em eletroduto é de 76 A.

A corrente elétrica calculada anteriormente para esse chuveiro de 4.400 W em 127 V, é de 34,6 A.

Consultando novamente a Tabela 3.3 página 70 "Capacidade de Condução de Corrente", a corrente máxima admissível para o fio de 6,0 mm² instalado em eletroduto é de 41 A.

Pela Tabela 3.6 página 77 de Momento Elétrico (A.m) coluna 127 V Monofásico, com queda de tensão de 2% do condutor de 6 mm², o A.m é de 436.

Nota-se que, para a capacidade de condução de corrente elétrica, pode-se usar o fio de 6,0 mm². No entanto se for usado esse cabo de 6,0 mm², tem-se uma queda de tensão maior do que os 2% estipulados. Essa queda de tensão será:

ME do condutor 6 mm² é 436 A.m $\quad U\% = 2\ \%$

ME calculado é 692 A.m $\quad U_1\% = ?$

$$U_1\% = \frac{692 \times 2}{436} = \mathbf{3{,}17\%}$$

Como essa queda de tensão tem um valor maior do que os 2% estipulados, o condutor correto a ser usado, é o de **16,0 mm²** de cobre.

Exercício: refazer os cálculos desse item d) para o cabo 16,0 mm².

e) Perda de energia elétrica nos condutores, durante 12 meses:

$E = P \times t$

$P = R \times I^2$

Substituindo P, na primeira fórmula, tem-se:

$$E = R \times I^2 \times t$$

Consultando a Tabela do Anexo 5 página 215, a Resistência elétrica média dos cabos são:

$6\ mm^2 = 2,96\ \Omega / km$

$16\ mm^2 = 1,22\ \Omega / km$

Observação: Como essa Tabela apresenta valores médios de Resistência Elétrica de condutores, em uma situação real deve-se pegar os dados corretos dos condutores que serão utilizados, em um catálogo do fabricante.

Se for usado o condutor de seção de 6 mm², a perda de kWh nesses condutores será:

$$E = 2,96\ \Omega / km \times (34,6\ A)^2 \times 16\ horas/mês$$

Calculando a Resistência elétrica dos 20 metros, tem-se:

1.000 metros 2,96 Ω

20 metros x

$$x = \frac{20\ metros \times 2,96\ \Omega}{1.000\ metros} = 0,0592\ \Omega$$

$$E = 0,0592\ \Omega \times (34,6\ A)^2 \times 16\ horas/mês = 1.134\ Wh/mês$$

Em 12 meses:

1.134 Wh/mês x 12 meses = 13.608 Wh/ano ou **13,6 kWh/ano**

Usando o condutor correto, o de seção de 16 mm², a perda de kWh nesses condutores será:

$$E = 1,22\ \Omega / km \times (34,6\ A)^2 \times 16\ horas/mês$$

Calculando a Resistência elétrica dos 20 metros, tem-se:

1.000 metros 1,22 Ω

20 metros x

$$x = \frac{20\ metros \times 1,22\ \Omega}{1.000\ metros} = 0,0244\ \Omega$$

$$E = 0,0244\ \Omega \times (34,6\ A)^2 \times 16\ horas/mês = 467\ Wh/mês$$

Em 12 meses:

467 Wh/mês x 12 meses = 5.604 Wh/ano ou **5,6 kWh/ano**

Exercícios

1 – Determinar o condutor capaz de transportar uma corrente de 50 A nos 3 casos a seguir:

a) dois condutores instalados em eletroduto e temperatura ambiente 30 ºC;
b) oito condutores instalados em eletroduto e temperatura ambiente 30 ºC;
c) oito condutores instalados em eletroduto e temperatura ambiente 40 ºC.

2 – a) Determinar a bitola dos condutores em eletrodutos a serem ligados a uma carga trifásica localizada a 80 m de distância e cuja corrente é de 15 A. A tensão é 220 V e a queda de tensão não pode ultrapassar 4 %.
b) Determinar a queda de tensão que realmente ocorre no caso do subitem a).

3 – Dimensionar os condutores que deverão atender uma instalação com uma carga trifásica de 20 kW, 220 V. A carga deverá ser ligada a um alimentador situado a 38 m de distância devendo a fiação ser instalada em eletroduto. A queda máxima de tensão, não deve ser maior do que 2%. Calcular a perda do consumo de energia elétrica (kWh) durante 12 meses nos condutores dimensionados.

CAPÍTULO 4

PROTEÇÃO E SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Uma instalação elétrica interna está sujeita a defeitos e acidentes de diversas naturezas, sendo portanto, necessária a existência de um sistema de proteção e segurança adequados, a fim de evitar maiores danos.

A instalação elétrica deverá ser executada de acordo com Normas e materiais adequados e de qualidade.

É inadmissível deixar de utilizar dispositivos de proteção, materiais de qualidade e os procedimentos estabelecidos em Normas, com o objetivo de diminuir os custos (R$) de uma instalação elétrica. Isto poderá ficar muito mais caro no futuro. Quanto mais investir, maior será a proteção e segurança de uma instalação elétrica interna.

A Norma vigente, a NBR 5410/97 – "Instalações Elétricas de Baixa Tensão" da ABNT, estabelece os critérios para garantir a segurança de pessoas, de animais domésticos, de bens e da própria instalação elétrica, contra os perigos e danos que possam ser causados pelas instalações elétricas, tais como:

- **Proteção contra choques elétricos;**
- **Proteção contra sobrecorrentes;**
- **Proteção contra sobretensões e subtensões;**
- **Proteção contra falta de fase.**

Em caso de dúvidas, deve-se consultar a Norma vigente da ABNT, NBR 5410/97 – "Instalações Elétricas de Baixa Tensão".

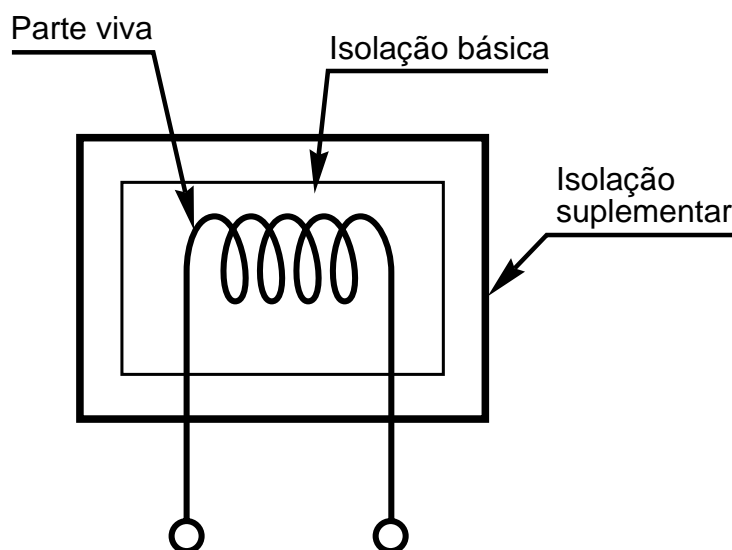
Antes de executar uma Proteção de um equipamento elétrico, deverá ser lido com atenção o manual desse equipamento. Caso esse equipamento necessite de uma Proteção complementar além das exigidas na Norma vigente NBR 5410/97, deve ser feita essa Proteção, conforme estipulado no manual do equipamento.

4.1 – Isolação, Classe e Graus de Proteção

A Isolação de um equipamento elétrico, é formada por materiais que isolam eletricamente o equipamento.

É importante ressaltar que a isolação dos equipamentos/componentes elétricos é de suma importância na proteção contra os choques elétricos, tanto pelo contato indireto, como pelo contato direto (ver subitem 4.2 página 91) com esses equipamentos.

Tipos de Isolação utilizadas em equipamentos/componentes elétricos (de acordo com a Norma vigente NBR 6151, da ABNT):

- **Isolação Básica:** é a isolação aplicada a partes vivas para assegurar a proteção contra choques elétricos;
- **Isolação Suplementar:** é a isolação adicional e independente da Isolação Básica, destinada a assegurar a proteção contra choques elétricos no caso de falha da Isolação Básica;
- **Isolação Dupla:** é a isolação composta por uma Isolação Básica e uma Isolação Suplementar;
- **Isolação Reforçada:** é uma isolação única, mas não necessariamente homogênea, aplicada sobre as partes vivas, que tem propriedades elétricas equivalente às de uma Isolação Dupla.

A Norma NBR 6151 também, classifica os equipamentos quanto a proteção contra os choques elétricos, de acordo com as seguintes classes:

- **Equipamento Classe 0:** é o equipamento no qual a proteção contra os choques elétricos depende exclusivamente da Isolação Básica, não sendo previstos meios para ligar as massas (parte metálica) ao condutor de proteção da instalação, dependendo a proteção, em caso de falha da Isolação Básica, exclusivamente do meio ambiente. Exemplo: eletrodomésticos portáteis, tais como liqüidificadores;

- **Equipamento Classe I:** é o equipamento no qual a proteção contra choques elétricos não depende exclusivamente da Isolação Básica, mas inclui uma precaução adicional de segurança sob a forma de meios de ligação das massas ao Condutor de Proteção (PE) (ver subitem 4.4.3 página 100) da instalação, de forma que essas massas não possam causar perigos em caso de falha na Isolação Básica. Os cabos de ligação destes equipamentos devem possuir um condutor de Proteção. Exemplo: fornos, máquina de lavar roupas, geladeiras etc;

- **Equipamento Classe II:** é o equipamento cuja proteção contra choques não depende exclusivamente da Isolação Básica, mas inclui precauções adicionais de segurança tais como Isolação Dupla ou Reforçada, não havendo meios de aterramento de proteção e não depende de condições de instalação;

- **Equipamento Classe III:** é o equipamento no qual a proteção contra choques elétricos é baseada na ligação do equipamento a uma instalação de extra-baixa tensão de segurança. Exemplo Banheiras de Hidromassagem.

Em uma instalação de extra-baixa tensão de segurança, os aparelhos elétricos podem ser alimentados por um transformador separador de segurança. A Norma vigente, a NBR 5410/97 da ABNT, estabelece que a extra-baixa tensão em Corrente Alternada (CA) deverá ser menor ou igual a 50 V. No entanto, podem ser exigidos valores inferiores, particularmente quando os equipamentos possam ser usados sob condições de baixa resistência elétrica do corpo humano. Em banheiros, no Volume 0 (zero), esta tensão não pode ultrapassar a 12 Volts. Os pluges e tomadas devem ser exclusivos para esta extra-baixa tensão. Ver subitem 4.7 página 119.

É importante ressaltar que, as isolações dos equipamentos elétricos podem com o passar do tempo, ter suas propriedades alteradas devido a umidade, temperaturas elevadas, acidentes, etc, o que irá prejudicar a Isolação do equipamento. É importante saber e acompanhar a vida útil do equipamento/componente elétrico. Deve-se informar com o revendedor ou fabricante sobre isso.

Os invólucros dos equipamentos elétricos são classificados por “Graus de Proteção”, definidos pela Norma vigente, a NBR 6146 da ABNT.

O invólucro é definido como o elemento que assegura a proteção de um equipamento contra determinadas influências externas e proteção contra contatos diretos em qualquer direção.

O Grau de Proteção é indicado pela letra **IP**, seguido de dois algarismos. O primeiro algarismo indica a proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contatos acidentais e o segundo algarismo indica a proteção contra a penetração de líquidos.

As Tabelas 4.1 e 4.2, a seguir, mostram os diversos “Graus de Proteção”.

PROTEÇÃO CONTRA A PENETRAÇÃO
DE CORPOS SÓLIDOS ESTRANHOS E CONTATOS ACIDENTAIS

1º Algarismo	GRAU DE PROTEÇÃO	
	Descrição sucinta	**Corpos que não devem penetrar**
0	Não protegido	Sem proteção especial.
1	Protegido contra objetos sólidos maiores de 50 mm	Uma grande superfície do corpo humano, como a mão (mas nenhuma proteção contra uma penetração deliberada). Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 50 mm.
2	Protegido contra objetos sólidos maiores de 12 mm	Os dedos ou objetos de formas semelhantes, de comprimento não superior a 80 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior do que 12 mm.
3	Protegido contra objetos sólidos maiores de 2,5 mm	Ferramentas, fios, etc, de diâmetro ou espessura superior a 2,5 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior do que 2,5 mm.
4	Protegido contra objetos sólidos maiores de 1,0 mm	Fios ou fitas de largura superior a 1,0 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 1,0 mm.
5	Protegido contra a poeira	Não é totalmente vedado contra a penetração de poeira, porém a poeira não deve penetrar em quantidade suficiente que prejudique a operação do equipamento.
6	Totalmente protegido contra poeira	Nenhuma penetração de poeira.

Tabela 4.1

PROTEÇÃO CONTRA A PENETRAÇÃO DE LÍQUIDOS

2º Algarismo	GRAU DE PROTEÇÃO	
	Descrição sucinta	**Proteção dada**
0	Não protegido	Nenhuma.
1	Protegido contra quedas verticais de gotas de água	As gotas de água (caindo na vertical) não devem ter efeitos prejudiciais.
2	Protegido contra queda de gotas de água para uma inclinação máxima de 15o	A queda de gotas de água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado de 15º para qualquer lado de sua posição normal.
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida de um ângulo de 60o da vertical não deve ter efeitos prejudiciais.
4	Protegido contra projeções de água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro, não deve ter efeitos prejudiciais.
5	Protegido contra jatos de água	Água projetada de qualquer direção por um bico contra o invólucro, não deve ter efeitos prejudiciais.
6	Protegido contra ondas do mar	Água proveniente de ondas ou projetada em jatos potentes não deve penetrar no invólucro em quantidades prejudiciais.
7	Protegido contra imersão	Não deve ser possível a penetração de água, em quantidades prejudiciais, no interior do invólucro imerso em água, sob condições definidas de tempo e pressão.
8	Projeto contra submersão	O equipamento é adequado para a submersão contínua em água, nas condições especificadas pelo fabricante. NOTA: Normalmente, isto significa que o equipamento é hermeticamente selado, mas para certos tipos de equipamento, pode significar que a água pode penetrar em quantidade que não provoque efeitos prejudiciais.

Tabela 4.2

Observação: As vezes é indicado no equipamento somente a proteção contra um dos itens da tabela 4.2. Neste caso é colocado a letra **X**, onde não é especificada a proteção.

Exemplo: equipamento com Grau de Proteção **IP2X** – indica a proteção contra o contato de dedos com partes internas sob tensão ou em movimento e contra a penetração de corpos sólidos de tamanho médio (ver Tabela 4.2 página 90). A letra **X** indica que não foi especificada a proteção contra a penetração de líquidos.

Em caso de dúvidas, deve-se consultar o manual do equipamento.

4.2 – Considerações Básicas Sobre os Choques Elétricos

As pessoas e os animais domésticos devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato direto e/ou indireto com as instalações elétricas e de seus componentes e equipamentos.

E lembre-se: Os equipamentos/componentes elétricos utilizados em uma instalação elétrica, não devem dar choques elétricos. Se isso acontece é porque o equipamento/componente está com defeito. Deve-se consertá-los imediatamente.

A seguir será feito neste subitem 4.2, umas considerações básicas, de uma maneira simples, sobre os choques elétricos. Caso seja necessário de maiores informações, deve-se procurar as literaturas técnicas especializadas sobre o assunto.

4.2.1 - Contato Direto

O contato direto é caracterizado por um contato acidental ou por um contato intencional (por imprudência) de uma pessoa em uma parte da instalação elétrica energizada que esteja com o isolamento elétrico danificado. O isolamento danificado pode ocorrer devido a: falhas no isolamento, ruptura ou remoção indevida dos isolamentos elétricos. O contato direto é muito freqüente e de consequência imprevisível.

Exemplo: uma pessoa em contato com um fio energizado e desencapado.

4.2.2 - Contato Indireto

É o contato de uma pessoa com uma parte metálica de uma instalação ou de um componente, normalmente sem tensão elétrica, mas que pode ficar energizada devido a falhas no isolamento ou por uma falha interna (curto-circuito).

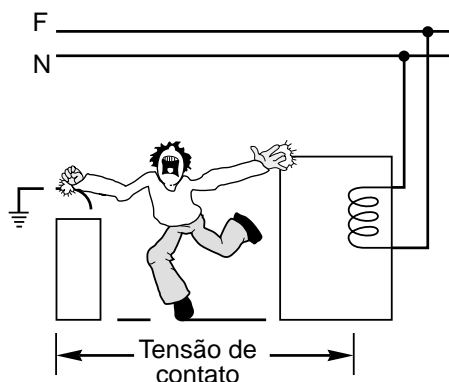
É perigoso, em particular, porque a pessoa não suspeita da energização acidental na instalação/componente e não está em condições de evitar um acidente.

Exemplo: encostar na carcaça de uma máquina de lavar, que está com defeitos no isolamento.

4.2.3 - Tensão de Contato

Denomina-se Tensão de Contato, a tensão que pode aparecer entre dois pontos simultaneamente acessíveis.

A Tensão de Contato limite (U_{Limite}) é o valor máximo da tensão de contato que pode ser mantida indefinidamente sem riscos à segurança de pessoas ou animais domésticos.

Como exemplo de Tensão de Contato, pode-se citar o caso de uma pessoa que ao mesmo tempo, toca em uma torneira e num eletrodoméstico, no qual haja um fio desencapado em contato com a estrutura do produto. A tensão de contato é aquela que aparece entre os pontos tocados.

A Norma NBR 5410/97 estabelece os seguintes valores como limites máximos suportáveis para as tensões de contato, conforme Tabela 4.3.

Valores Máximos de Tensão de Contato Limite (U_{Limite})

Natureza da Corrente	U_{Limite} (V)	
	Situação 1	Situação 2
Alternada 15-100 Hz	50 V	25 V
Corrente Contínua	120 V	60 V

Tabela 4.3

- **Situação 1:** ambientes normais (sem umidade);
- **Situação 2:** áreas externas, canteiros de obras, outros locais em que as pessoas estejam em contato com umidade.

É importante que um dispositivo de proteção contra choques (ver subitem 4.6.3 página 111) seccione automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos, sempre que uma falha entre a parte viva e a massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado de U_{Limite} definido na Tabela 4.3.

Os tempos de duração do contato (em segundos) estão limitados aos valores estabelecidos na Tabela 4.4, após o qual a corrente deve ser interrompida.

Tempo Máximo de Tensão de Contato

Tensão de Contato Presumida (V)	**Tempo Máximo de Atuação do Dispositivo de Proteção em Segundos (s)**	
	Situação 1	Situação 2
127	0,80	0,35
220	0,40	0,20
277	0,40	0,20
400	0,20	0,05
mais de 400	0,10	0,02

Tabela 4.4

- **Situação 1:** ambientes normais (sem umidade);
- **Situação 2:** áreas externas, canteiros de obras, outros locais em que as pessoas estejam em contato com umidade.

4.2.4 - Choque Elétrico

Choque elétrico é a perturbação, de natureza e efeitos diversos, que se manifesta no organismo humano (ou de animais) quando este é percorrido por uma corrente elétrica (Contato Direto e/ou Contato Indireto).

Os efeitos da perturbação produzida pelo choque elétrico variam e dependem de certas circunstâncias, tais como:

- O percurso da corrente no corpo humano;
- A intensidade, o tempo de duração, a espécie e a freqüência da corrente elétrica;
- As condições orgânicas do indivíduo.

O efeito do choque elétrico nas pessoas e animais pode causar conseqüências graves e irreversíveis, como parada cardíaca e respiratória.

As perturbações causadas por um choque elétrico, são principalmente:

- Inibição dos centros nervosos (efeito tetanização), inclusive os que comandam a respiração, com possível asfixia;
- Alterações no ritmo de batimento do coração, podendo produzir tremulação (fibrilação) do músculo cardíaco, com conseqüente parada cardíaca;
- Queimaduras de vários graus;
- Alterações do sangue provocadas por efeitos térmicos e eletrolíticos da corrente etc.

Essas perturbações podem se manifestar todas de uma vez ou somente algumas delas.

As sensações produzidas nas vítimas de choque elétrico variam desde uma ligeira contração superficial, até uma contração violenta dos músculos. Quando esta contração atinge o músculo cardíaco, pode paralisá-lo. Pode acontecer também a crispação muscular, fazendo com que a vítima se agarre ao condutor sem conseguir soltar-se (tetanização).

Nas instalações elétricas residenciais (127/220 V – 60 Hz) os efeitos da corrente elétrica no ser humano, são principalmente:

- Até 9 mA (leia-se: nove miliampères) - Não produz alterações de conseqüências mais graves;
- De 9 a 20 mA - contrações musculares violentas, crispação muscular e asfixia, se a zona toráxica for atingida;
- De 20 a 100 mA - contrações violentas, asfixia, perturbações circulatórias e às vezes, fibrilação ventricular;
- Acima de 100 mA - asfixia imediata, fibrilação ventricular, queimaduras;
- Vários ampères - asfixia imediata, queimaduras graves, etc.

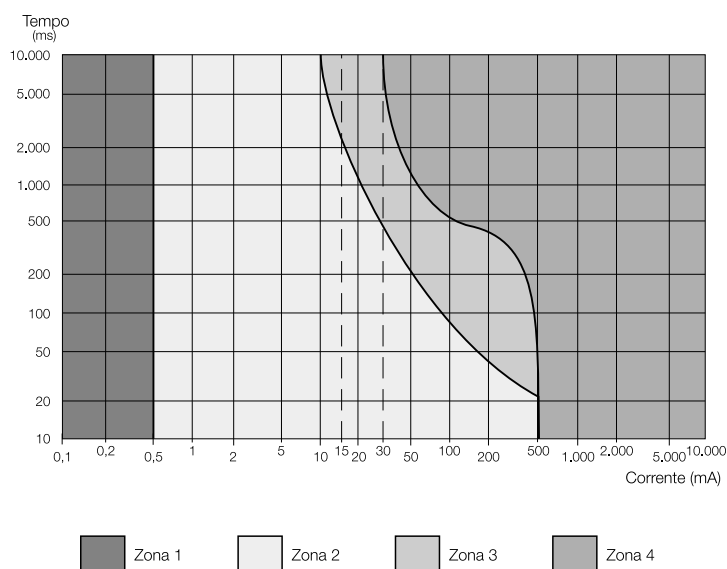
No segundo e terceiro casos, o processo de salvamento seria a respiração artificial. No quarto (mais de 100 mA), o salvamento seria muito difícil e no último caso praticamente impossível.

O efeito do choque elétrico depende também da Resistência Elétrica do corpo humano. A Resistência do corpo humano varia conforme as condições apresentadas na Tabela 4.5 (da Norma NBR 5410/97).

Resistência Elétrica do Corpo Humano		
Classificação	**Características**	**Aplicações e Exemplos**
Elevada	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive o suor).
Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, um elemento está seguro dentro da mão).
Fraca	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés.
Muito Fraca	Condições imersas	Pessoas imersas na água, por exemplo, em banheiras e piscinas.

Tabela 4.5

É importante salientar que, além do valor da corrente elétrica e da resistência elétrica do corpo humano, os efeitos do choque elétrico nas pessoas e animais domésticos, também dependem do tempo de duração da corrente elétrica.

O gráfico a seguir, nos mostra as diversas zonas em função do Tempo x Corrente:

Zona 1 - Nenhum efeito perceptível
Zona 2 - Efeitos fisiológicos geralmente não-danosos
Zona 3 - Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares) geralmente reversíveis
Zona 4 - Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis (Fibrilação cardíaca, parada respiratória)

4.3 – Proteção e Segurança – Prevenção na Execução

As pessoas que executam serviços elétricos devem:

- Ser instruídas e esclarecidas sobre as precauções relativas ao seu trabalho;
- Ser instruídas sobre a teoria e prática dos procedimentos dos primeiros socorros a serem prestados em casos de acidentes;
- As instalações elétricas deverão ser executadas de forma a evitar danos às pessoas e animais domésticos, devendo para tanto, ser observadas algumas precauções, tais como:

1. Seguir as recomendações da Norma da ABNT, a NBR 5410/97 e Normas vigentes da CEMIG;
2. Instalar os equipamentos e componentes elétricos da forma que recomendada para cada tipo de equipamento/componente;
3. Usar as ferramentas (alicates, chaves de fendas, etc) de isolamento compatível com a tensão da instalação.

Para cada tipo de serviço, deve-se usar a ferramenta apropriada e não as improvisadas;

4. As ferramentas elétricas portáteis, deverão ser dotadas de isolação dupla ou reforçada a fim de prevenir acidentes (choques elétricos) por falha na isolação básica;
5. Antes que seja executado qualquer serviço, deve-se pensar e analisar sobre a tarefa que será executada: se a pessoa já sabe exatamente o que irá fazer e se está preparada para executar a tarefa, os riscos que essa tarefa poderá trazer para si e/ou para outras pessoas. Confirmar se todos os materiais (equipamentos e ferramentas) necessários, estão no local da tarefa. Em caso de dúvidas, sem pressa, deve-se estudar novamente a tarefa que será executada. Se a dúvida ainda persistir, deve-se procurar a ajuda de um colega de profissão. Deve-se procurar também, literatura técnica sobre o assunto, Normas vigentes da ABNT e da CEMIG, etc;
6. Nunca deve se distrair durante o trabalho e também nunca distrair outras pessoas que estejam trabalhando;
7. O eletricista deve usar os Equipamentos de Proteção Individual, tais como: capacete, luvas apropriadas de borracha, luvas de couro, botina de couro com solado de borracha, óculos de segurança, etc. Durante a execução dos trabalhos, evitar o uso de materiais metálicos no corpo, como o relógio, por exemplo;
8. Usar os aparelhos de medição e testes necessários no trabalho;
9. Devem ser desligados os circuitos elétricos energizados, através dos dispositivos de proteção, antes de executar ou dar manutenção nas instalações elétricas.

4.4 - Elementos Básicos para Segurança e Proteção

Para um funcionamento eficiente dos dispositivos de proteção e de segurança, os elementos básicos da instalação elétrica devem ser adequadamente dimensionados:

Aterramento;
Condutor de Proteção (PE);
Condutor Neutro.

4.4.1 – Aterramento Elétrico

Denomina-se "Aterramento Elétrico", a ligação intencional de um componente através de um meio condutor com a Terra.

Por exemplo: ligar a carcaça de um chuveiro elétrico, através de um condutor, com a Terra.

Todo equipamento elétrico deve, por razões de segurança, ter o seu corpo (parte metálica) aterrado. Também os componentes metálicos das instalações elétricas, tais como, os Quadros de Distribuição de Circuitos – QDC, os eletrodutos metálicos, caixas de derivação, etc, devem ser corretamente aterradas.

Quando há um defeito na parte elétrica de um equipamento que está corretamente aterrado, a corrente elétrica escoa para o solo (Terra). Alguns tipos de solos, são melhores condutores de corrente elétrica, pois têm uma menor Resistividade Elétrica. A Resistividade é em função do tipo de solo, umidade e temperatura.

Os Aterramentos Elétricos podem ser:

a) Aterramento por razões funcionais: o Aterramento é necessário para que o equipamento elétrico funcione corretamente;

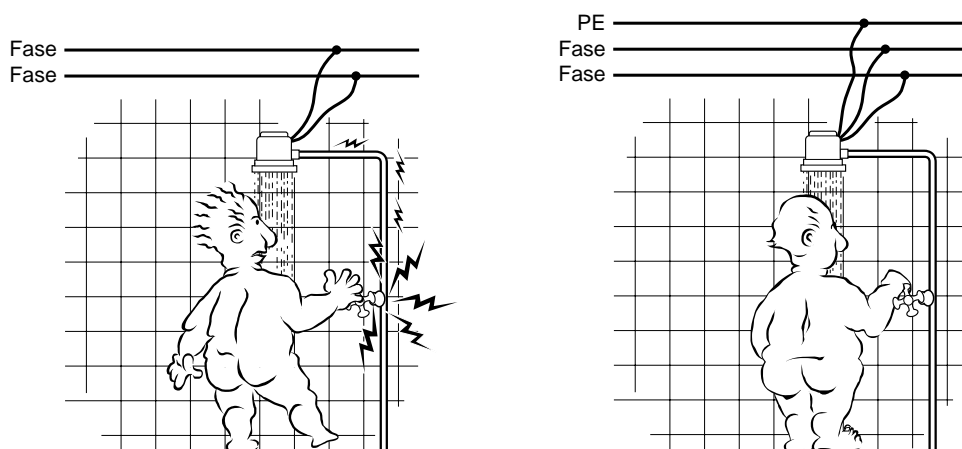
b) Aterramento do equipamento por razões de proteção e segurança: neste caso, o Aterramento protege as pessoas e/ou animais domésticos contra os choques elétricos.

O caso bastante comum de choque elétrico, é um fio desencapado encostando na estrutura metálica de um aparelho energizado. Estando o aparelho aterrado, a corrente elétrica poderá ser desviada para a Terra, evitando o choque elétrico. Através do Aterramento, a corrente elétrica tem um caminho mais fácil para escoar para a Terra.

As figuras a seguir, ilustram ligações elétricas de um chuveiro elétrico.

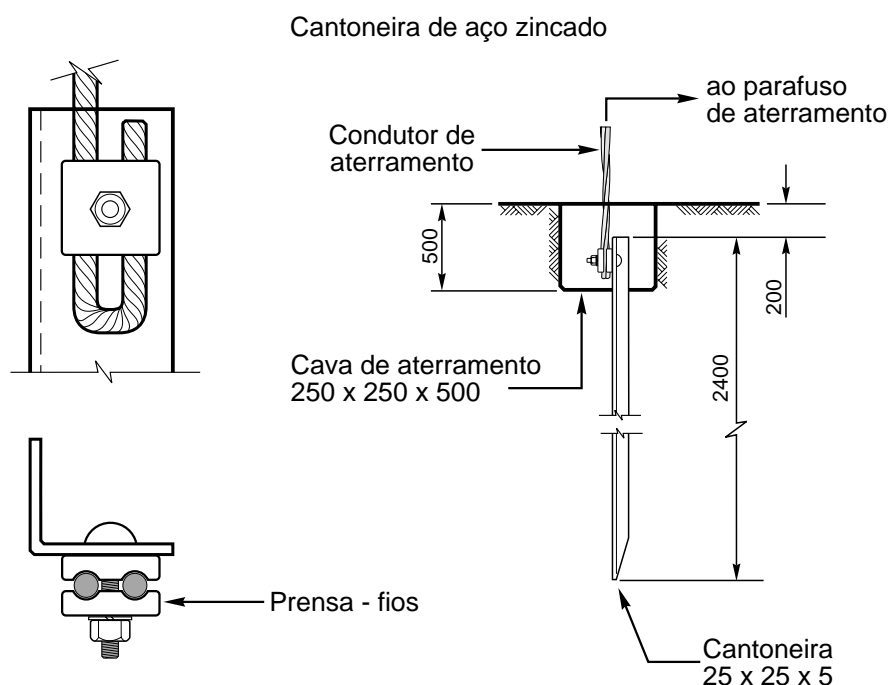
Na situação da primeira figura, o chuveiro não está aterrado, estando portanto, as pessoas sujeitas a tomar choques elétricos (ver subitem 4.2.4 página 94).

Na situação da segunda figura, como o chuveiro está aterrado através do Condutor de Proteção (PE), as pessoas não estão sujeitas a tomarem choques elétricos.

Independentemente da tensão elétrica (V) para a ligação correta do equipamento elétrico, se é 127 V ou 220 Volts, o equipamento deverá ser aterrado de forma adequada, conforme os procedimentos estabelecidos neste subitem 4.4.

É importante salientar que, além do Aterramento adequado, o circuito elétrico deve ter dispositivos de proteção e de segurança. Ver subitem 4.6 página 106.

Um sistema aterrado possui o Neutro e/ou outro condutor intencionalmente ligado à terra, diretamente ou através de uma impedância elétrica (resistência ou reatância).

O “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica da CEMIG, deve ser aterrado através de eletrodo de aterramento (haste de “terra”) de um dos fabricantes constantes no manual vigente da CEMIG “Manual do Consumidor n.o 11” e devem ser atendidos os requisitos das Normas vigente da CEMIG: ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “ Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea”.

Essas Normas especificam os tipos, características, como instalar, a quantidade de eletrodos, a serem utilizados para cada tipo de ligação, os tipos dos condutores para ligar o eletrodo ao “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica, etc.

Todo Aterramento elétrico tem um valor de Resistência (ohms). O valor da resistência do Aterramento é muito importante. Quanto menor o valor, é melhor, pois aumenta a segurança – a corrente elétrica de falta escoa para a terra com mais facilidade. Para isso, deve seguir os procedimentos sobre os aterramentos nas Normas vigentes da CEMIG, bem como a Norma vigente NBR 5410/97.

O Aterramento de equipamentos elétricos de uma instalação elétrica consiste na ligação à Terra, através dos condutores de Proteção (PE) (ver subitem 4.4.3 página 100), de todas as massas metálicas (chuveiros elétricos, carcaças de motores, caixas metálicas, equipamentos, QDC, etc) e das tomadas de uso geral.

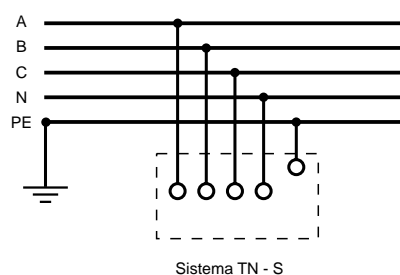
Alguns aparelhos elétricos, têm um plugue de tomada com três pinos, sendo um apropriado para a conexão do aterramento desse aparelho. Erroneamente as pessoas costumam colocar um adaptador que elimina o pino de aterramento. Isto não deve ser feito porque o aterramento, como foi dito anteriormente, evita que as pessoas venham a se acidentar quando utilizar o aparelho.

4.4.2 – Esquemas de Aterramento

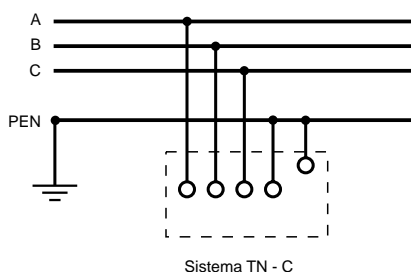
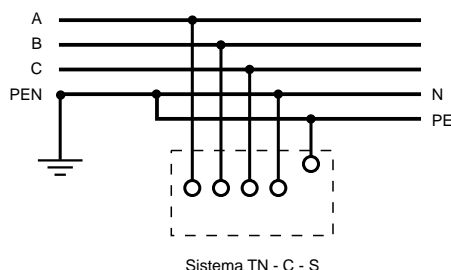
De acordo com a Norma vigente, a NBR 5410/97 os esquemas de aterramento, para efeito de proteção, são classificados em: **TN, TT** e **IT.**

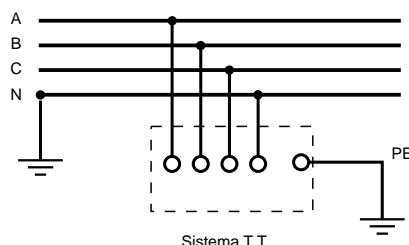
O sistema **TN** tem um ponto diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a este ponto através de condutores de proteção. De acordo com a disposição dos condutores, Neutro e de Proteção, este sistema se subdivide em:

- **TN-S** onde os condutores Neutro (N) e o de Proteção (condutor **PE**) são distintos:

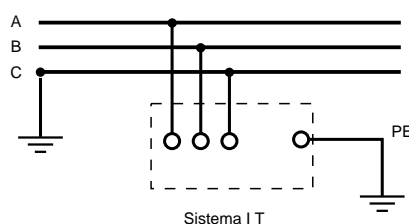
Sistema TN - S

- **TN-C** no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (condutor **PEN**):

Observação: A Norma vigente NBR 5410/97 da ABNT estabelece que o condutor PEN, não deve ser seccionado.

Sistema TN - C

• **TN-C-S** quando somente em parte do sistema as funções de Neutro e Proteção são combinadas em um só condutor. No caso da unidade consumidora atendida pela CEMIG em Baixa Tensão, é recomendável que seja utilizado esse sistema para o aterramento junto ao "Padrão de Entrada" para o fornecimento de energia elétrica. Ver subitens 4.4.1 página 97 e 4.4.3 página 100.

Sistema TN - C - S

O sistema **TT** tem um ponto diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a eletrodos de aterramento, eletricamente independentes do eletrodo de aterramento da alimentação:

Sistema T T

O sistema **IT** não tem nenhum ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas aterradas:

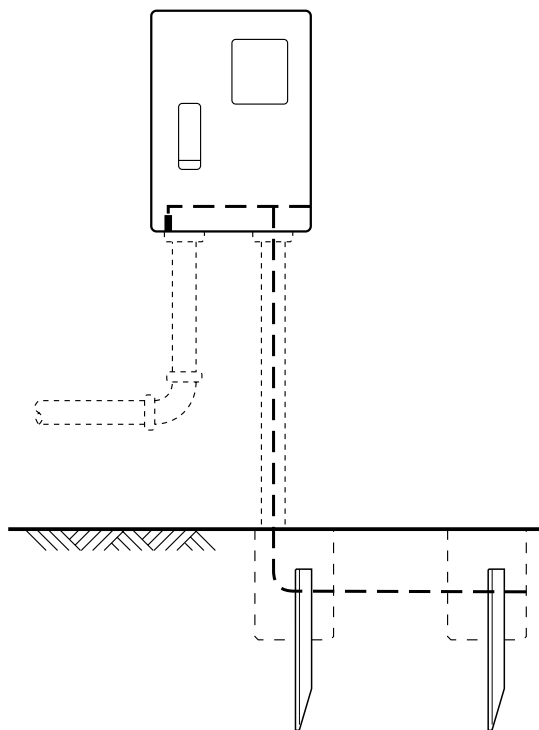
Sistema I T

4.4.3 – Condutor de Proteção (PE)

Como foi mencionado no subitem 3.3.1 página 67, a isolação do condutor de Proteção (PE) deverá ser na cor verde-amarela ou verde.

O condutor de Proteção (PE) para o caso das instalações elétricas residenciais, será considerado neste Manual, como um condutor que será aterrado junto ao "Padrão de Entrada" para o fornecimento de energia elétrica, de acordo com os procedimentos estabelecidos nas Normas vigentes da CEMIG ND 5.1 "Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais", a ND 5.2 "Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas" e a ND 5.5 "Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea".

O Condutor de Proteção (PE) deverá ser ligado junto do “Padrão de Entrada” com conectores apropriados, de acordo com as Normas da CEMIG referenciadas neste subitem 4.4.3, da seguinte forma:

- O “Condutor de Aterramento” (do “Padrão de Entrada”) deverá interligar a primeira haste de aterramento ao “Parafuso de Aterramento” situado na caixa de medição e/ou proteção.
- A partir do “Parafuso de Aterramento”, deverá ser ligado um condutor, que é o Condutor de Proteção (PE).
- Este Condutor de Proteção (PE) deverá ser levado (e ligado) até ao barramento apropriado no Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC da residência.

Observação: ver as definições nas Normas da CEMIG referenciadas neste subitem 4.4.3.

A partir do QDC, o Condutor de Proteção (PE), deverá ser derivado para os circuitos elétricos: de tomadas e de equipamentos de uso específico (chuveiros elétricos, fornos elétricos, etc), ou outro circuito elétrico que seja necessário o aterramento de equipamentos. Ver itens 4.4.1 página 97 e 4.4.2 página 99.

A Norma NBR 5410/97 permite que um condutor de Proteção (PE) pode ser comum a vários circuitos, desde que esses circuitos estejam contidos em um mesmo eletroduto. A seção mínima deste condutor está especificada no subitem 3.3.1 página 67.

A necessidade da existência do Condutor de Proteção (PE) tem a finalidade de fornecer um melhor caminho para a corrente de falta, evitando que a mesma circule pelo corpo da pessoa que vier tocar no aparelho elétrico.

Alguns equipamentos elétricos, têm o Condutor de Proteção (fio “terra”), como a geladeira por exemplo. O Condutor de Proteção (PE) deverá ser ligado no ponto de aterramento da Tomada de Uso Geral (ver subitem 2.6.2 página 56).

O Condutor de Proteção (PE) não deverá ser interligado, ao longo da instalação elétrica interna, ao condutor Neutro (ver subitem 4.4.4 página 102) e nem usado como tal.

IMPORTANTE: A Norma NBR 5410/97 determina que em todos os esquemas de Aterramento, o Condutor de Proteção (PE) não deve ser seccionado e que nenhum dispositivo deve ser inserido a esse Condutor de Proteção.

4.4.4 - Condutor Neutro

O condutor Neutro é o elemento do circuito que estabelece o equilíbrio de todo o sistema da instalação elétrica. Para cada circuito elétrico teremos que ter um condutor Neutro partindo do QDC. De acordo com a Norma NBR 5410/97, em nenhuma circunstância, o condutor Neutro, poderá ser comum a vários circuitos.

Só poderá ser seccionado o Condutor Neutro, quando for recomendado pela Norma NBR 5410/97. Neste caso, o condutor Neutro não deve ser seccionado antes dos condutores Fase, nem restabelecido após os condutores Fase. Ver subitem 4.6.3 página 111.

O condutor Neutro deverá ser sempre aterrado junto ao “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica, de acordo com as Normas da CEMIG ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea” (ver subitem 4.4.1 página 97).

Observação: O Condutor Neutro **não** deverá ser interligado ao longo da instalação elétrica interna, ao Condutor de Proteção (PE) e nem usado como tal.

4.5 - Distúrbios nas Instalações Elétricas

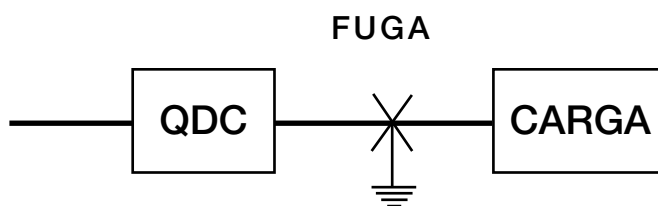
Os principais distúrbios de natureza elétrica que podem ocorrer em uma instalação são: fugas de corrente, perdas de energia elétrica, sobrecargas, curtos-circuitos e sobretensões.

4.5.1 - Fugas de Corrente

Se o fio Fase estiver com isolação dele danificada e fizer contato com a Terra através de uma parte metálica da instalação elétrica, fluirá por esse ponto uma corrente de “fuga” que poderá causar problemas à instalação, além da perda de energia provocada por essa fuga de corrente elétrica.

Como exemplo, será feita uma analogia com uma instalação hidráulica de uma residência, que é composta por encanamentos, derivações, torneiras, etc. Em condições normais, a água circulará pelos canos até as torneiras, sem nenhum vazamento.

Quando ocorre um vazamento devido a defeitos em encanamentos, torneiras, válvulas, etc, uma determinada quantidade de água se perderá, ou seja, ocorrerá uma "fuga" de água.

Fazendo uma analogia com o circuito elétrico pode-se concluir que, a "fuga" de corrente é uma perda de energia elétrica, devido a uma falha na isolação da instalação ou por uma falha interna nos equipamentos.

Por exemplo, se numa instalação acontece uma "fuga" de corrente entre a proteção e a carga, a corrente de "fuga" se somará à corrente de carga, podendo fazer com que o dispositivo de proteção atue, desligando o circuito elétrico.

Para verificar a existência de "fugas" de corrente em uma instalação, deve-se desligar todos os equipamentos elétricos ligados ao circuito e verificar se circula, ainda, alguma corrente (isto pode ser feito através do próprio medidor de energia).

Deve-se verificar também, se o disco do medidor continua girando. Se estiver, é porque existe "fuga" de corrente na instalação elétrica.

Procedendo desta maneira e desligando os circuitos parciais gradualmente, consegue-se determinar em qual circuito e em que ponto está acontecendo a "fuga" de corrente.

Uma das causas mais comuns das "fugas" são as emendas. Não deve-se passar em uma tubulação fios emendados. As emendas deverão ser feitas adequadamente nas caixas próprias (caixa de passagem, por exemplo) e deverão ser isoladas de maneira apropriada.

4.5.2 – Perdas de Energia Elétrica

As perdas de energia elétrica acontecem quando há uma circulação de corrente. Quando circula uma corrente elétrica por um condutor, esse aquece e o calor despendido por ele será a perda de energia. A perda de energia pode ser determinada pela fórmula:

$$P = R \times I^2$$

A perda de energia provoca queda de tensão. Quando a queda de tensão ($\Delta U = R \times I$) for superior ao limite admissível (ver subitem 3.3.2.2 página 73), deve-se redimensionar o condutor para evitar que a essa perda de energia elétrica, tenha valor significativo ao longo do tempo. Ver o Exemplo 3 do subitem 3.3.3 página 82.

Quando os terminais de um aparelho não estiverem firmemente ligados ao circuito, poderá haver um faiscamento, com conseqüente produção de calor e, portanto, perda de energia.

4.5.3 – Sobrecorrente e a Sobrecarga

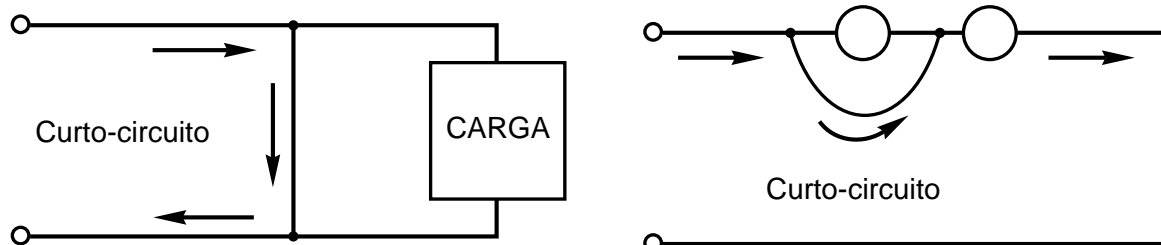
Se for ligado a um circuito elétrico, cargas acima do limite para o qual o mesmo foi dimensionado, haverá uma corrente de maior valor, denominada de “sobrecorrente”. A sobrecorrente produzirá perdas e poderá danificar os equipamentos (fiação, interruptores, tomadas, etc) existentes. Como a proteção não foi dimensionada para suportar uma sobrecorrente, o dispositivo de proteção atuará (ver subitem 4.6 página 106, desligando o circuito.

A solução, neste caso é ou retirar as cargas em excesso ou redimensionar o circuito.

Observação: a “sobrecarga” é um tipo de sobrecorrente de menor intensidade, sendo pouco superior a capacidade de condução de corrente do condutor (ver Tabela 3.3 página 70).

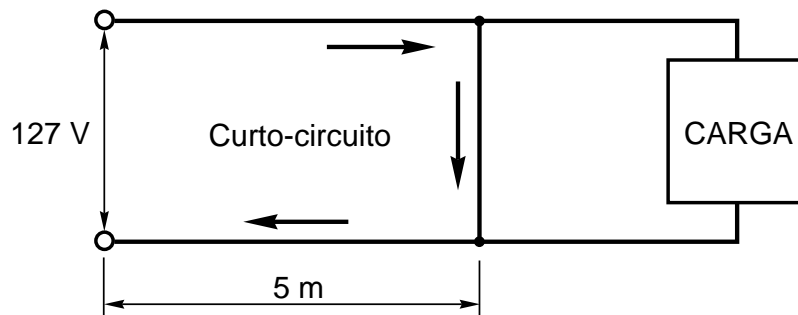
4.5.4 - Curto-Circuito

O curto-circuito é como o próprio nome indica, um caminho mais curto (ou mais fácil) para a corrente elétrica fluir.

É um tipo de “sobrecorente” de altíssima intensidade.

Na primeira figura a corrente que circulava pela carga, passa a circular pelo ponto onde houve o curto-circuito.

Na segunda figura, a corrente que circulava pelas duas lâmpadas colocadas em série, passa a circular somente pela segunda lâmpada, como indicam as setas.

Em ambos os casos, a corrente passou a circular pelo caminho de menor resistência elétrica.

A corrente de um circuito é determinada pela expressão **I = U / R** (ver subitem 1.4 página 13). Assim a corrente de curto-circuito tem o seu valor limitado pela resistência elétrica do circuito por onde ela passa (resistência dos condutores, resistência dos contatos e das conexões etc).

No circuito acima, se a instalação fosse feita com fio de 0,5 mm², cuja resistência elétrica é
igual a 27,8 Ω/km (ver Anexo 5 página 215), tem-se:

$$\mathbf{Icc = \frac{U}{R}}$$

Comprimento do circuito:	2 x 5 m = **10 m**
Resistência total do circuito:	27,8 Ω/km x 10 m / 1000 = **0,278 Ω**
Corrente de curto-circuito:	Icc = 127 V / 0,278 Ω = **457 A**

Esse valor da corrente de curto-circuito para o cabo de 0,5 mm² implica na sua fusão dos cabos, com riscos de incêndio.

Os efeitos elétricos de um curto-circuito só atingem a região entre o local do curto e a fonte de energia.

Assim, um curto-circuito na rede de distribuição da rua, não atinge a instalação elétrica do consumidor.

Para evitar a possibilidade de curto-circuito acontecer, deve-se manter a instalação sempre em bom estado, evitando emendas mal feitas, ligações frouxas etc, fazendo uma manutenção preventiva.

Os dispositivos de proteção e segurança deverão estar bem dimensionados, pois quando da ocorrência de um curto-circuito, esses dispositivos deverão atuar imediatamente, para que seja desligada a instalação, evitando a propagação do dano (ver subitem 4.6 página 106).

4.5.5 - Sobretensões

As sobretensões que geralmente ocorrem nas instalações elétricas internas, são oriundas de descargas atmosféricas.

A instalação elétrica interna, com os seus equipamentos e componentes, bem como as pessoas e animais domésticos, poderão sofrer com os danos provocados por sobretensões. Por isso, deverão ser instalados dispositivos de proteção, a fim de evitar os danos provocados por sobretensões (ver subitem 4.6 página 106)

4.6 - Dispositivos de Proteção e de Segurança

Os dispositivos de proteção e de segurança que devem ser utilizados em instalações elétricas residenciais, com o objetivo de proteger e dar segurança para a instalação elétrica, tais como a fiação, equipamentos, etc, as pessoas e animais domésticos, são:

Disjuntor, Seccionador (chave faca) com Fusíveis, Dispositivo Diferencial Residual (disjuntores diferenciais residuais e interruptores diferenciais residuais), Protetor contra Sobretensões, Protetor contra Subtensões, Protetor contra falta de fase etc.

Os condutores de uma instalação elétrica devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e curtos circuitos. Além de proteger, esses dispositivos devem ser coordenados (ver subitem 4.6.2.1 página 109).

NOTA: Os dispositivos de proteção devem estar dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

4.6.1 - Fusíveis

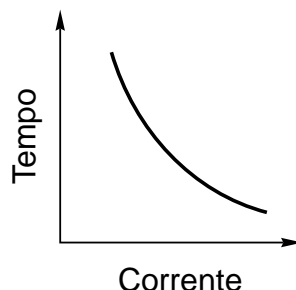
São dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos. O elemento fusível é constituído de um material apropriado. Quando ocorre o curto-circuito a corrente circulante provoca o aquecimento e, consequentemente, a fusão do elemento fusível ("queima"), interrompendo o circuito.

O fusível deve ser trocado, após a sua queima, para que o circuito seja restabelecido.

Os fusíveis "queimados" deverão ser substituídos por outros iguais e nunca "consertados". Isso porque se o fusível for substituído por outro de capacidade maior ou "consertado", não irá garantir a proteção necessária, podendo causar danos ao circuito que ele está protegendo.

Nos dispositivos porta-fusíveis só poderão ser colocados os fusíveis de capacidade recomendada/calculada e nunca de capacidade superior ou inferior.

Os fusíveis devem estar de acordo com Norma vigente NBR 11840 da ABNT.

O gráfico a seguir, mostra uma curva geral do tempo que o fusível gasta para abrir um circuito para determinados valores de corrente - curva “Tempo x Corrente”. Os fabricantes de fusíveis fornecem estas curvas para cada modelo de fusível, em catálogos de seus produtos, de tal maneira que podemos especificar a proteção de um circuito através das mesmas.

4.6.2 – Disjuntores Termomagnéticos

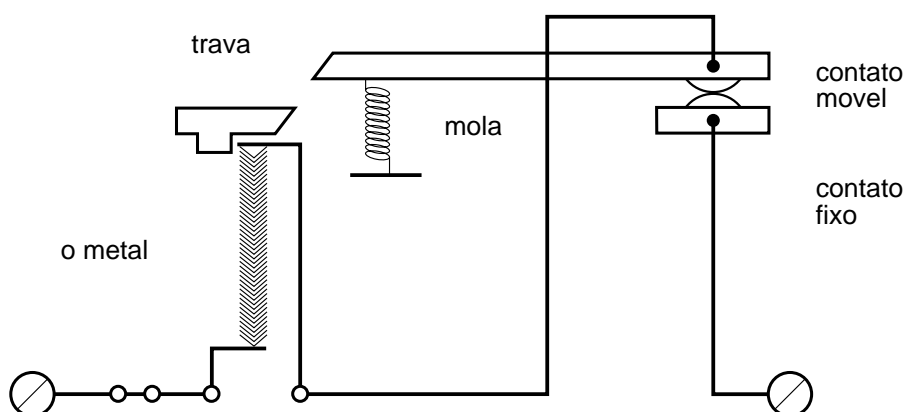
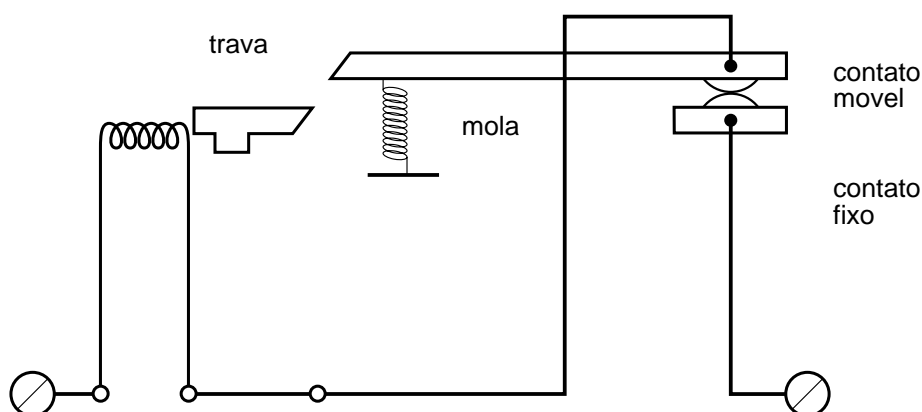
São dispositivos “termomagnéticos” que fazem a proteção de uma instalação contra curtos-circuitos e contra sobrecargas.

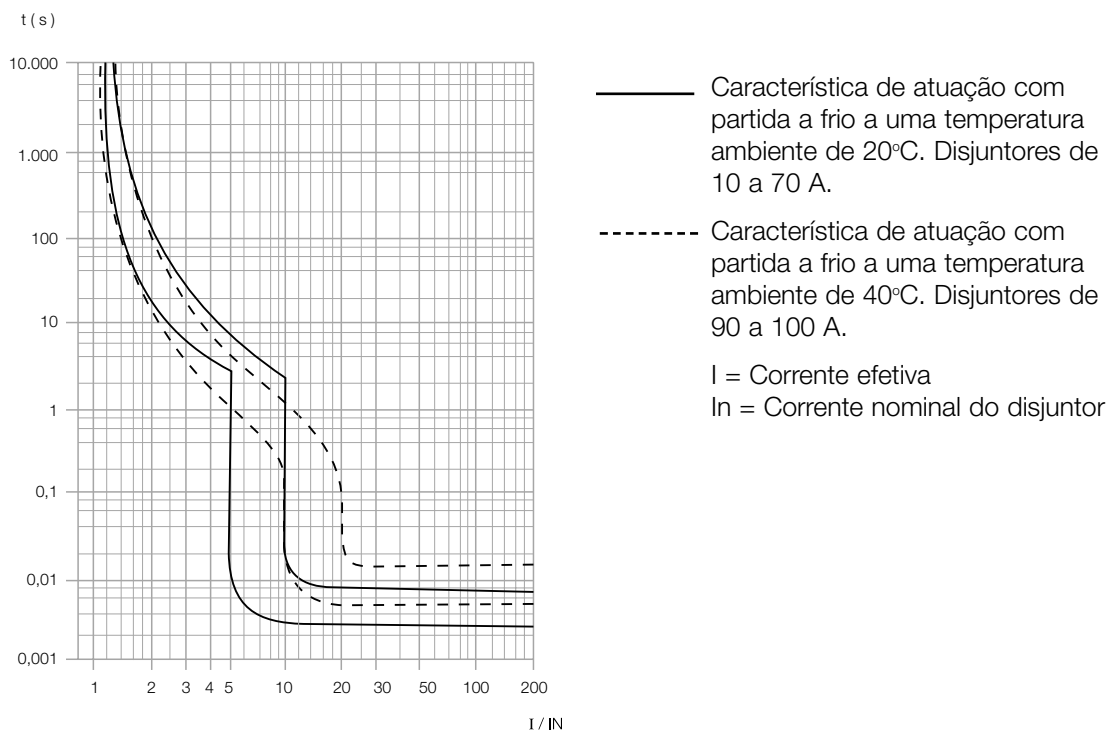
O Disjuntor não deve ser utilizado como dispositivo de liga-desliga de um circuito elétrico e sim, de Proteção.

O disjuntor tem a vantagem sobre os fusíveis, em se tratando da ocorrência de um curto-circuito. No caso de um disjuntor, acontece apenas o desarme e para religá-lo, basta acionar a alavanca (depois de verificar/sanar porque aconteceu o curto-circuito). Nesse caso, a durabilidade do disjuntor é muito maior.

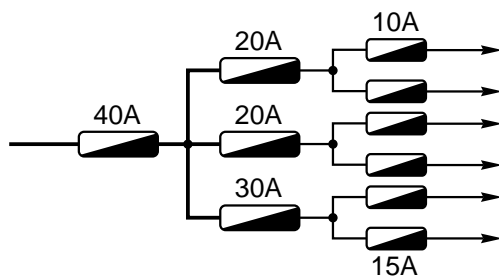
Assim, a utilização dos disjuntores é muito mais eficiente. No “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica, a CEMIG só permite a utilização de disjuntores. Ver Normas vigentes da CEMIG ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea”.

O disjuntor deve possuir dois elementos de acionamento ou disparo com características distintas para cada tipo de falha:

a) Disparador térmico contra sobrecargas - consiste em uma lâmina bimetálica (dois metais de coeficientes de dilatação diferentes), que ao ser percorrida por uma corrente acima de sua calibragem, aquece e entorta, acionando o acelerador de disparo que desliga o disjuntor.

b) Disparador magnético contra curtos-circuitos - é formado por uma bobina (tubular ou espiralada) intercalada ao circuito, que ao ser percorrida por uma corrente de curto-circuito, cria um campo magnético que atrai a armadura, desligando instantaneamente o disjuntor.

A combinação desses dois disparadores, protege o circuito elétrico contra correntes de alta intensidade e de curta duração, que são as correntes de curto-circuito (disparador magnético) e contra as correntes de sobrecarga (disparador térmico).

As curvas “Tempo x Corrente” dos disjuntores, são semelhantes as dos fusíveis e também são fornecidas pelos fabricantes.

Os disjuntores devem ser ensaiados com 20 mil mudanças de posição (manobras), sendo 12 mil com corrente e tensão nominal e 8 mil em vazio (sem carga), atuação imediata contra curto circuito.

4.6.2.1 – Coordenação e Dimensionamento dos Disjuntores

Numa instalação elétrica interna, os disjuntores têm por finalidade principal proteger os condutores dos respectivos circuitos contra sobrecargas (sobrecorrentes) e correntes de curto-circuito. Nessas condições, tais dispositivos devem ser coordenados (seletividade) com os condutores a proteger, como a figura a seguir:

Observação: Ver também o subitem 4.6.6 página 119.

A proteção de uma instalação deverá ser coordenada de tal forma que atuem em primeiro lugar as proteções mais próximas às cargas e as demais seguindo a seqüência. Caso contrário, um problema em um ponto da instalação poderá ocasionar uma interrupção do fornecimento geral de energia. Assim, não poderemos ter no Quadro de Distribuição de um Circuito - QDC de uma residência, disjuntores de 50 A, se o disjuntor geral instalado no "Padrão de Entrada" for de 40 A.

Nas instalações residenciais são usados em geral disjuntores em caixa moldada, calibrados a 20 ºC ou 40 ºC (a depender do fabricante), instalados em Quadro de Distribuição de Circuito - QDC. Neles a temperatura ambiente (interna) é geralmente superior à do local onde estão instalados os condutores. Como regra básica admite-se uma diferença de 10ºC.

Assim, se os condutores forem considerados a 30 ºC, o QDC será considerado a 40 ºC.

A Tabela 4.6 a seguir, fornece as correntes nominais de disjuntores, em função da temperatura ambiente.

Essa Tabela 4.6 informa, por exemplo, que um disjuntor unipolar de 30 A, que é calibrado a 20 ºC, se instalado num QDC a 40 ºC atuará a partir de 27 A.

DIMENSIONAMENTO DE DISJUNTORES

CORRENTES NOMINAIS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE

Temperatura Ambiente oC							
20 °C		30 °C		40 °C		50 °C	
Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar

CORRENTES NOMINAIS In (A)

10	9,5	9,5	9	9	8,5	9
15	14	14,5	13,5	14	13	13
20	19	19	18	18	17	17,5
25	24	24	22,5	23	21	22
30	28,5	29	27	27,5	25,5	26,5
35	33	33,5	31,5	32	30	31
40	38	38,5	36	37	34	35
50	47,5	48	45	46	42,5	44
60	57	57,6	54	55	51	53
70	66,5	67	63	64	59,5	62

Tabela 4.6

Observações: Os disjuntores da Tabela 4.6 estão referidos à temperatura de 20 ºC. Os disjuntores "Multipolar" referem-se aos disjuntores bipolar e tripolar.

IMPORTANTE: Essa é uma tabela geral para o dimensionamento de disjuntores. Deve-se utilizar a tabela do fabricante da marca e tipo de disjuntor que for adquirido, para o dimensionamento correto dos disjuntores de um QDC.

Exemplo: Dimensionar o disjuntor geral do QDC, para o Exemplo 1 do subitem 3.3.3 página 81. Considerar a temperatura no Quadro de 35 °C.

A corrente total calculada foi de 50,2 A. Consultando a Tabela 4.6 para a temperatura de 40 °C e disjuntor unipolar tem-se:

- A máxima corrente elétrica suportada pelo disjuntor de 50 A, a uma temperatura de 40 °C, é de 45 A;
- A máxima corrente elétrica suportada pelo disjuntor de 60 A, a uma temperatura de 40 °C, é de 54 A.

Resposta: Disjuntor unipolar de 60 A.

4.6.3 - Dispositivo Diferencial Residual - DR

A Norma NBR 5410/97 da ABNT determina que devem ser utilizados os Dispositivos Diferenciais Residuais – DR de alta sensibilidade (corrente diferencial-residual igual ou inferior a 30 mA), com o objetivo de proteger as pessoas e animais domésticos contra os choques elétricos (ver subitem 4.2.4 página 94), nos seguintes circuitos elétricos de uma residência:

- Circuitos que sirvam a pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- Circuitos de tomadas situadas em cozinhas, copa-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e em geral, em todo local interno/externo molhado em uso normal ou sujeito a lavagens.

Os Dispositivos Diferenciais Residuais - DR são equipamentos que têm o objetivo de garantir a qualidade da instalação, pois esses dispositivos não admitem correntes de fugas elevadas, protegendo as pessoas e animais domésticos contra os choques elétricos e por outro lado, e conseqüentemente, economiza energia nas instalações elétricas (ver Capítulo 7 página 189).

A proteção dos circuitos por DR pode ser realizada individualmente ou por grupos de circuitos.

As condições gerais de instalação devem obedecer às prescrições descritas a seguir:

a) Os dispositivos DR devem garantir o seccionamento de todos os condutores vivos do circuito protegido;

b) O circuito magnético dos dispositivos DR deve envolver todos os condutores vivos do circuito, inclusive o Neutro. Por outro lado, o Condutor de Proteção (PE) correspondente deve passar exteriormente ao circuito magnético. Os condutores de Proteção (PE) não podem ser seccionados (ver subitem 4.4.3 página 100);

c) Os dispositivos DR devem ser selecionados e os circuitos elétricos divididos de forma tal que, as correntes de fuga para a terra, susceptíveis de circular durante o funcionamento normal das cargas alimentadas, não possam provocar a atuação desnecessária do dispositivo.

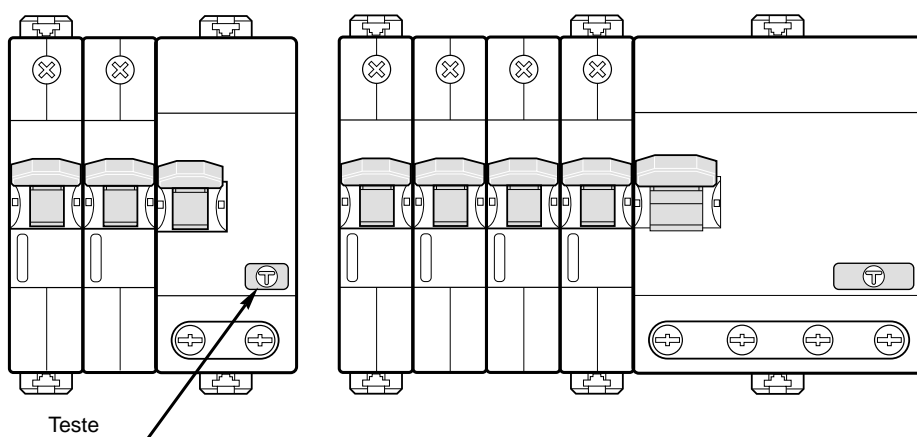
As sensibilidades do DR's são de 30 mA, 300 mA e 500 mA.

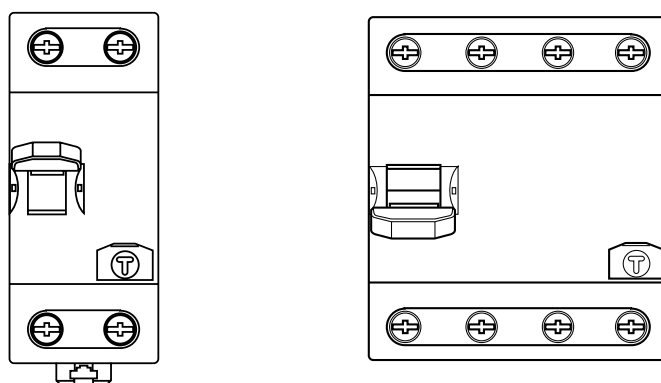
Os de 30 mA são chamados de alta sensibilidade e protegem as pessoas e animais contra choques elétricos.

Os DR's de sensibilidades de 300 mA e 500 mA, protegem as instalações contra fugas de correntes excessivas e incêndios de origem elétrica.Os DR's podem ser de acordo com suas funções:

a) Disjuntores Diferenciais Residuais – DDR

São dispositivos que têm o objetivo de proteger contra sobrecargas, curtos-circuitos, fugas de corrente, choque elétrico, etc.

Esses equipamentos possuem disjuntores acoplados ao Diferencial fazendo também, a proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos das instalações elétricas.

b) Interruptores Diferenciais Residuais – IDR

São dispositivos que têm o objetivo somente de proteger contra as fugas de corrente, choques elétricos etc. Como não possuem disjuntores acoplados, não protegem contra sobrecorrentes. Neste caso é necessária a utilização de disjuntores em série para completar a proteção.

Para verificar se o dispositivo DDR e/ou IDR está instalado e em perfeito funcionamento, acione o botão "teste".

- Se o DR desligar, significa que ele e a instalação estão em perfeita condição de uso.
- Se o DR não desligar, significa que algo esta errado: ele pode estar com defeito, instalado incorretamente, etc. Neste caso deve-se procurar identificar o defeito.

Os DDR's e IDR's podem ser instalados conforme configurações abaixo:

Disjuntor Diferencial

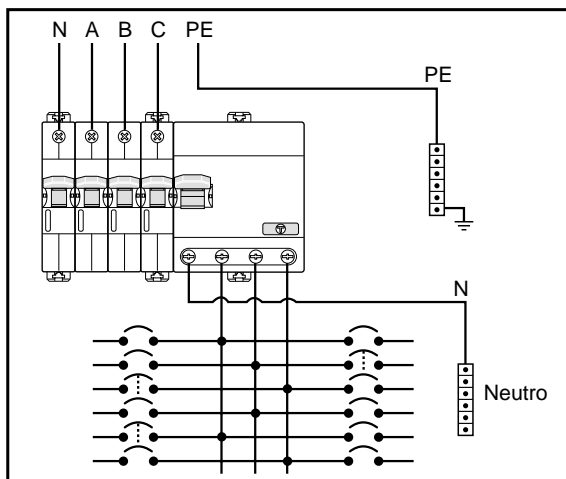
Alimentação 2 Fases + Neutro

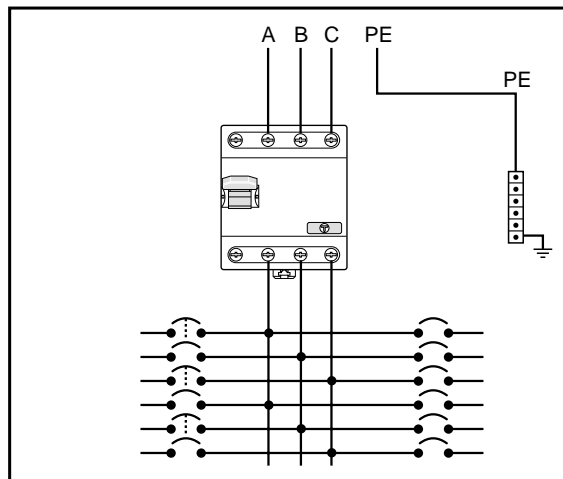
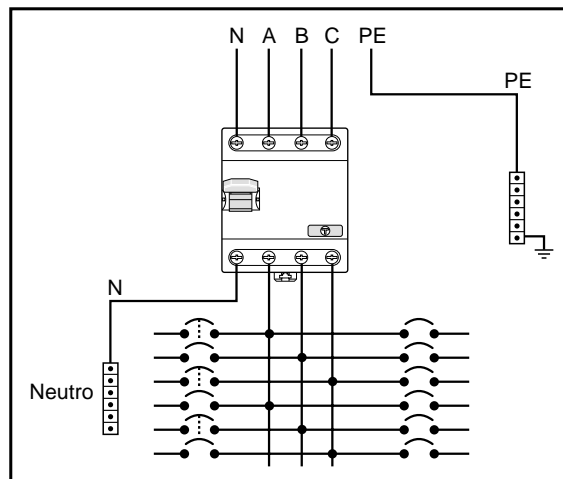
Interruptor Diferencial

Alimentação 2 Fases + Neutro

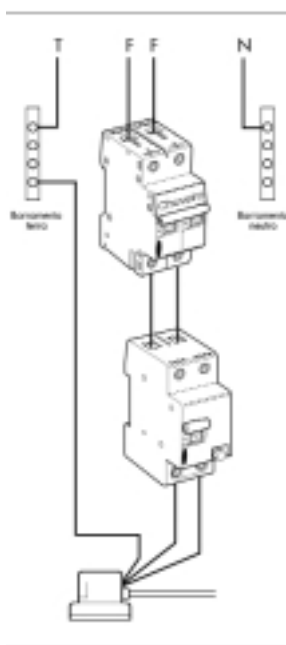
Disjuntor Diferencial

Interruptor Diferencial

Alimentação 3 Fases

Alimentação 3 Fases

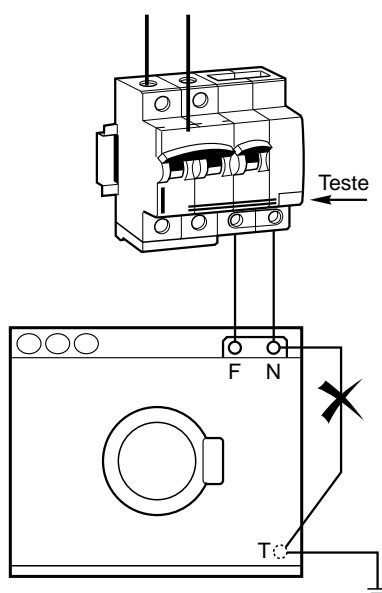
Alimentação 3 Fases + Neutro

Alimentação 3 Fases + Neutro

Observação: O IDR tem uma dimensão menor, se comparado com o DDR. Dependendo da situação, poderá ser mais vantajosa a sua utilização.

Os DR's ocupam normalmente no QDC um espaço de três disjuntores, ou de um disjuntor tripolar (DR's com sensibilidade 30 mA). Existem disjuntores diferenciais residuais que ocupam um espaço de 5 disjuntores.

A figura a seguir, mostra a proteção feita por um DDR, instalado em um eletrodoméstico puramente bifásico (sem a utilização do neutro):

Como foi visto no subitem 4.4 página 97, a Norma NBR 5410/97 **só permite** o seccionamento do condutor Neutro em determinadas situações. A utilização de DR é uma dessas situações. O condutor Neutro e os condutores Fase são seccionados na entrada de alimentação do DR, sendo que devem ser restabelecidos juntamente, na saída do DR. Deve-se notar que os condutores Neutro e Fases são seccionados e restabelecidos, simultaneamente.

O condutor Neutro é seccionado e passa por dentro dos DR's.

O condutor de Proteção (PE) não passa pelo equipamento, não sendo portanto, seccionado.

Atenção: Em nenhum caso interligar o condutor de Proteção (PE) ao condutor Neutro, após o DR.

Os Chuveiros Elétricos com resistência elétrica “nua” (desencapada), apresentam geralmente “fugas” de correntes (ver subitem 4.5.1 página 102) elevadas que não permitem que o Dispositivo Diferencial Residual fique ligado. Isto significa que estes equipamentos possuem resistência elétrica “nua”, representam um risco à segurança das pessoas. Portanto devem ser substituídos por um com resistência elétrica blindada (ou encapsulada).

Quando o DR é instalado no QDC no lugar do Disjuntor Geral e se houver qualquer problema de “fuga” de corrente, o DDR ou o IDR atuará, desligando todo o circuito da instalação elétrica, não havendo portanto, seletividade. Para obter seletividade, deve-se colocar um DDR ou um IDR para cada circuito em que for necessário esses dispositivos.

Os DR são dimensionados de forma semelhante dos disjuntores Termomagnéticos, isto é a partir da corrente do circuito elétrico que irá proteger.

Exemplos:

1) No QDC cuja corrente total é de 60 A, usar o DDR de 63 A.

2) Chuveiro elétrico, com uma corrente de 35 A, usar DDR de 40 A.

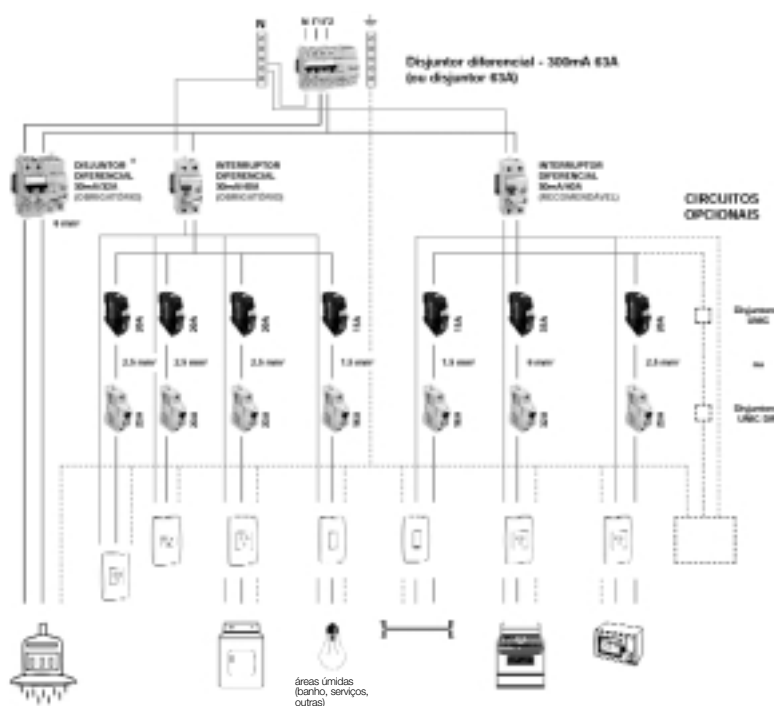
3) Em um circuito com uma corrente de 50 A, pode-se utilizar um IDR de 63 A com um disjuntor termomagnético de 50 A, pois o IDR protege apenas contra fugas de corrente. A proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, fica por conta do disjuntor.

A Tabela 4.7 a seguir mostra os principais DDR e IDR de sensibilidade de 30 mA, com sua capacidade de corrente nominal:

Observação: Dependendo do fabricante, os DDR ou os IDR poderão ter outros valores de Corrente Nominal. Consulte as tabelas desses dispositivos.

DDR	IDR
Corrente Nominal (A)	
16	25
20	40
25	63
32	80
40	-
50	-
63	-

Tabela 4.7

Esquema elétrico ilustrativo de uma instalação residencial, de acordo com a NBR 5410 Norma de Instalação Elétrica (ABNT)

As seções nominais dos condutores e as correntes nominais dos disjuntores, disjuntores diferenciais e interruptores diferenciais residuais devem ser dimensionadas conforme prescrito na norma de instalações elétricas de baixa tensão NBR 5410

* ou 1 disjuntor diferencial + 1 disjuntor termomagnético

4.6.4 – Proteção Contra Sobretensões Transitórias

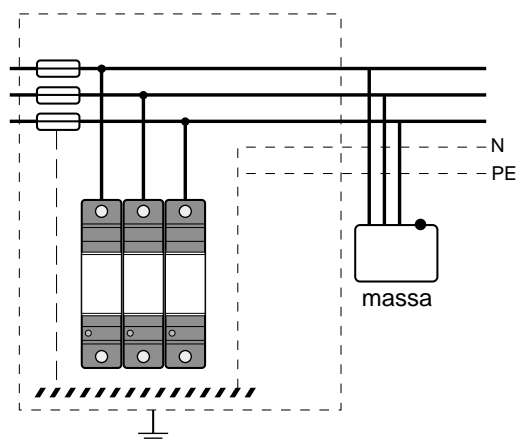
A Norma NBR 5410/97 recomenda que nas instalações elétricas de uma residência, atendida por uma Concessionária de Energia Elétrica, se necessário, devem ser instalados dispositivos adequados de proteção contra sobretensões transitórias. As sobretensões transitórias normalmente são oriundas de descargas elétricas de origem atmosféricas.

Esses dispositivos devem ser do tipo não curto-circuitante, como pára-raios secundários, com tensão contínua/nominal 175 V e corrente nominal de 10 kA (ou de 20 kA em áreas críticas).

As sobretensões transitórias podem causar sérios dados aos equipamentos elétricos. A supressão destas sobretensões junto ao Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC, evita a sua propagação na instalação elétrica interna, tendo como conseqüência, a proteção dos equipamentos eletroeletrônicos.

Um dos meios da supressão desta sobretensão, é a instalação de um dispositivo de Proteção contra Sobretensões (também conhecido como supressor) no Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC. Este dispositivo tem uma semelhança física de um disjuntor.

Deve ser instalado um para cada Fase, entre o Condutor Fase e o Condutor de Proteção, de acordo com o sistema de aterramento.

Este dispositivo normalmente possui um indicativo que mostra se ele está funcionando ou não. Consulte o manual do fabricante para identificar como é essa indicação.

Os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser instalados depois do dispositivo de seccionamento (o disjuntor, por exemplo), mas antes do dispositivo DR.

É recomendável também, a instalação junto aos principais eletrodomésticos, tais como, computadores, televisão, equipamento de som, forno de micro ondas, etc, de protetores individuais contra sobretensões transitórias.

Existem distúrbios podem vir pela: rede elétrica, rede telefônica e antenas de TV (parabólica e a cabo). Por isso, é recomendado usar dispositivos apropriados para proteger os equipamentos ligados a rede elétrica, bem como ligados a antenas de TV, tomadas de telefones, modem de computadores etc.

Proteção para: tv com ligação coaxial de antena externa ou parabólica, vídeo e conversor para tv a cabo.

Proteção para: fax, telex, telefone sem fio, secretária eletrônica e micros com placa de fax-modem.

Proteção para: tv, vídeo, equipamento de som, computador, video game, freezer, microondas e geladeira.

4.6.5 – Proteção Contra Queda e Falta de Tensão

A Norma NBR 5410/97 recomenda que devem ser tomadas as medidas de proteção quando uma queda ou aumento de tensão significativa ou a falta da tensão e o posterior restabelecimento dessa tensão forem susceptíveis de criar perigo para as pessoas e bens ou de perturbar o bom funcionamento da instalação.

Para a proteção contra quedas, aumentos e faltas de tensão são normalmente utilizados relés de subtensão acoplados a dispositivos de seccionamento ou contatores com contato de auto-alimentação.

A ligação elétrica desses equipamentos, deverá ser feita de acordo com o recomendado pelos catálogos/manuais do respectivo equipamento.

4.6.6 – Coordenação entre os Diferentes Dispositivos de Proteção

Quando a segurança exigir dois ou mais dispositivos de proteção em série, as caraterísticas de funcionamento desses dispositivos devem ser escolhidas de tal forma que somente parte da instalação que ocorreu a falta, seja seccionada do circuito.

Deverá ter uma coordenação e seletividade entre esses dispositivos. Ver subitem 4.6.2.1 página 109.

4.7 – Proteção em Banheiros

A Norma vigente, a NBR 5410/97 dedica o Capítulo 9 subitem 9.1 – "Locais Contendo Banheira ou Chuveiro", àquelas situações que, no caso de instalações residenciais, são caracterizadas essencialmente pelo banheiro. Tal preocupação se justifica pelos riscos de tomar choques elétricos, particularmente apresentados, tendo em vista da melhor condutividade que apresenta o corpo humano molhado ou imerso. Em caso de dúvidas, deve-se sempre consultar a Norma vigente, a NBR 5410/97 e uma literatura técnica especializada.

As prescrições descritas pela Norma NBR 5410/97, são aplicáveis a banheiras, piso-boxes, boxes e outros compartimentos para banho, bem como às áreas adjacentes.

A Norma NBR 5410/97 determina as características gerais destes compartimentos através da "Classificação de Volumes":

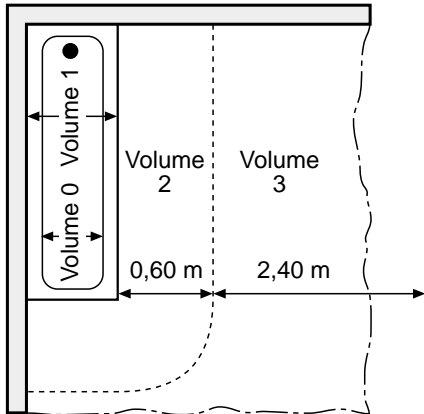
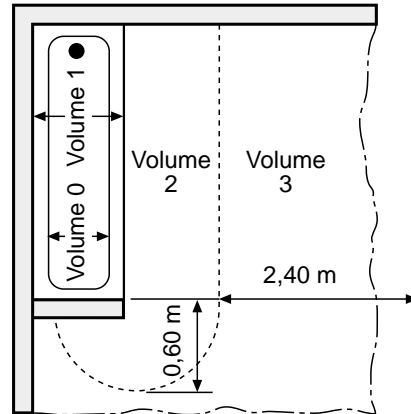
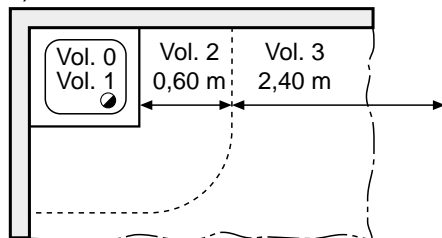
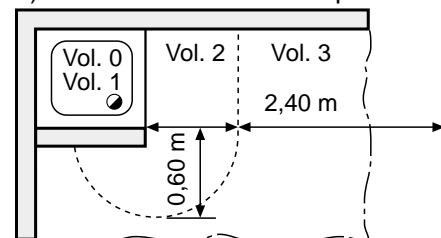
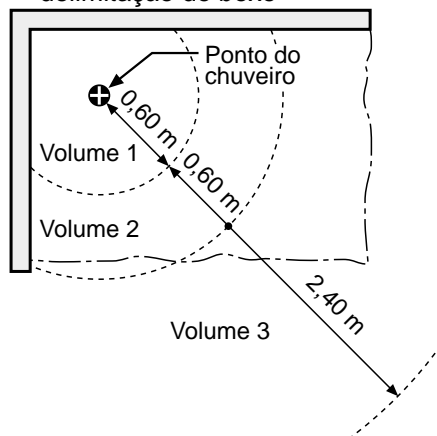
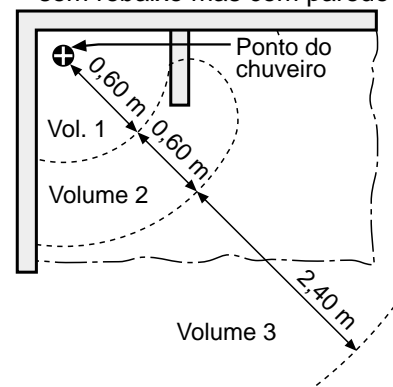
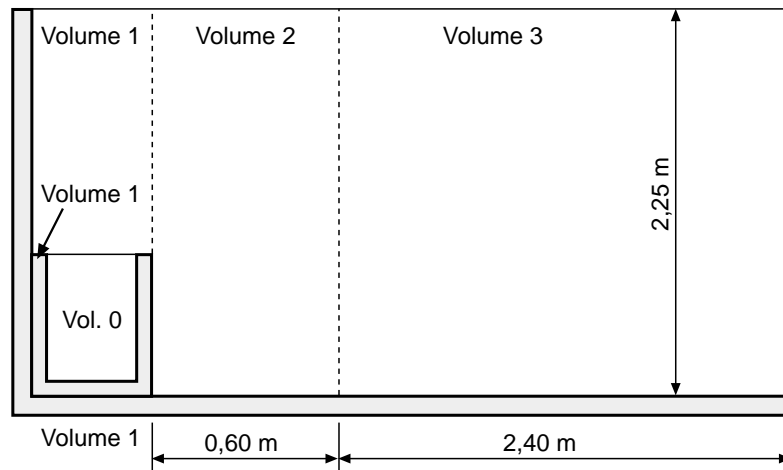
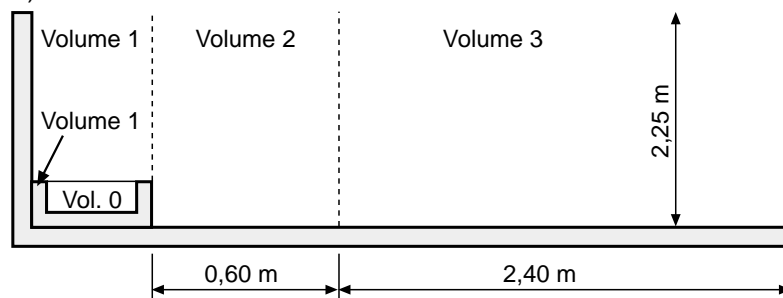
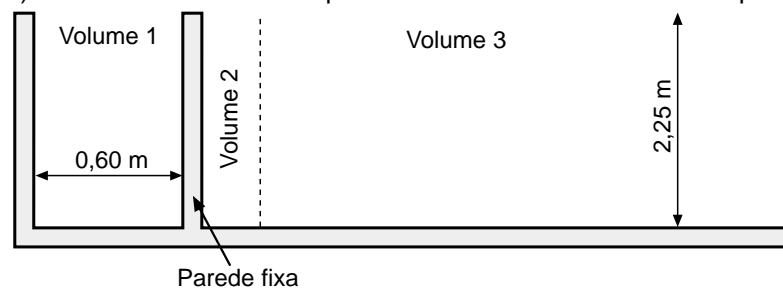
a) **Volume 0** – É o volume interior da banheira, do piso-boxe ou do rebaixo do boxe (local inundável em uso normal).

b) **Volume 1** – Tem a seguinte determinação:
De um lado, pela superfície vertical que circunscreve a banheira, o piso-boxe ou o rebaixo do boxe ou, na falta de uma clara delimitação do boxe, por uma superfície vertical situada a 0,6 m ao redor do chuveiro ou ducha e,
Por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,25 m acima do fundo da banheira, do piso do boxe ou do piso do banheiro.

c) **Volume 2** – Tem a seguinte determinação:
De um lado, pela superfície vertical externa do Volume 1 e uma superfície vertical paralela situada a 0,6 m do volume 1 e,
Por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,225 m acima do piso.

d) **Volume 3** - Tem a seguinte determinação:
De um lado, pela superfície vertical externa do Volume 2 e uma superfície vertical paralela situada a 2,40 m do Volume 2 e,
Por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,25 m acima do piso.

As figuras a seguir mostram as dimensões destes Volumes:

a) Banheira

b) Banheira com parede fixa

c) Chuveiro ou ducha

d) Chuveiro ou ducha com parede fixa

e) Chuveiro ou ducha sem clara delimitação do boxe

f) Chuveiro ou ducha sem piso-boxe e sem rebaixo mas com parede fixa

g) Banheira

h) Chuveiro ou ducha

i) Chuveiro ou ducha sem piso-boxe e sem rebaixo mas com parede fixa

4.7.1 – Medidas de Proteção Contra os Choques Elétricos

No Volume 0, somente é admitida uma tensão máxima de 12 Volts, sendo que essa fonte deve ser instalada fora do Volume 0.

Nenhum dispositivo de proteção, comando ou seccionamento pode ser instalado nos Volumes 0, 1, e 2.

Os componentes da instalação elétrica devem possuir pelo menos os seguintes Graus de Proteção (ver subitem 4.1 página 86):

a) No Volume 0 : I P X 7 ;

b) No Volume 1 : I P X 4 .

É admitido tomadas de corrente no Volume 3, desde que elas sejam protegidas por um dispositivo de corrente diferencial-residual (DR) de alta sensibilidade (ver subitem 4.6.3 página 111).

Os equipamentos de iluminação instalados em locais molhados ou úmidos, como os banheiros, devem ser especialmente projetados para esse uso, de forma que, quando instalados não permitam que a água se acumule em condutores, porta-lâmpada (receptáculo) ou em outras partes elétricas. Esses equipamentos devem ser firmemente fixados.

Caso a Residência tenha Piscina e/ou Sauna, deve-se consultar os subitens da Norma NBR 5410/97, 9.2 e 9.4, respectivamente.

4.8 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Para ter uma proteção adequada contra as descargas elétricas de origem atmosférica, deve seguir os procedimentos da Norma vigente, a NBR 5419/2001 “Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas” da ABNT. Essa Norma estabelece as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) em estruturas comuns, utilizadas para fins residenciais, comerciais, industriais, agrícolas, administrativas.

Exercícios:

1) Calcular a corrente do circuito que deverá alimentar 3 tomadas especiais de 600 VA e 6 tomadas de 100 VA em uma Cozinha. Dimensionar a Proteção e os Condutores. A tensão é de 127 V.

2) Dimensionar a Proteção e os Condutores para alimentar:

Quarto: 4 tomadas de 100 VA e 1 ponto de luz de 160 VA;

Sala : 6 tomadas de 100 VA e 1 ponto de luz de 240 VA;

Corredor: 1 tomada de 100 VA e 1 ponto de luz de 60 VA.

A tensão é de 127 V.

CAPÍTULO 5

PROJETO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

5.1 – Planejamento de uma Instalação Elétrica

Para executar corretamente qualquer tipo de trabalho, deverá ser feito um planejamento: o que fazer e como deverá ser feito. Com isso o trabalho terá uma melhor qualidade: menor custo e tempo de execução, mais eficiência e segurança.

O planejamento de uma instalação elétrica residencial deverá ter como base, os seguintes passos:

- Utilizar todo o Projeto Arquitetônico da residência, com o endereço completo do imóvel e nome do proprietário;
- Analisar todo o Projeto Arquitetônico da residência, com as respectivas dimensões, tipos e as disposições dos cômodos;
- Quais e quantos serão os aparelhos e equipamentos elétricos que terão na residência. O proprietário deverá fornecer essas informações.
- A localização dos móveis e utensílios (“Lay-out”). A partir daí, a localização de tomadas, iluminação, interruptores, equipamentos elétricos, QDC, etc. Caberá ao Projetista orientar e tirar as dúvidas do proprietário sobre as partes elétricas da residência. É importante o uso de uma linguagem bastante clara, para que o proprietário entenda e não tenha dúvidas. Deve-se evitar o uso de termos técnicos, ao dar as explicações;
- O dimensionamento da instalação elétrica: carga de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, etc, traçado dos eletrodutos, condutores, separação dos circuitos elétricos, especificação técnica dos materiais elétricos a serem utilizados – elaboração do Projeto Elétrico;
- Tensão e número de fases dos circuitos elétricos: normalmente os aparelhos elétricos são fabricados para serem ligados e funcionarem em 127 Volts ou então em 220 Volts. São poucos os aparelhos elétricos que são fabricados que podem ser ligados e funcionarem tanto em 127 Volts ou 220 Volts (ou outros valores de tensão). Estes aparelhos são conhecidos normalmente como “bi-volt”.
  Por isso, é sempre importante ler com atenção o Manual do aparelho elétrico que será utilizado, para estabelecer a tensão e o número de fases do circuito elétrico.
- Circuitos não elétricos, como por exemplo: para ligar uma televisão, além da tomada de uso geral, deverá ter a ligação da antena de TV a cabo ou de via Satélite ou uma antena externa comum. Um computador normalmente necessita de uma ligação de um telefone, para funcionar a Internet, etc.

Esses Circuitos não elétricos ainda podem ser: de telefone e/ou fax, de Proteção contra roubos, assaltos e vandalismos, de Controle que possibilitam comandar equipamentos a distância, interligação entre computadores, sistemas de automação, etc. Para execução desses circuitos deverão, ser consultadas as Normas e os procedimentos dos concessionários/empresas de serviços, e/ou dos fabricantes dos equipamentos/aparelhos.
Esses circuitos deverão ser projetados e instalados com fiação/tubulação diferentes/separados dos demais circuitos elétricos da residência.

Sistemas de automação: trata-se de um recurso sofisticado, que proporciona bastante conforto, segurança e proteção. A partir de uma "central de controle" e de pontos de comando instalados em diversos locais da residência, pode-se comandar a distância: toda a iluminação da residência, os equipamentos de som e vídeo, os condicionadores de ar, aquecimento de água, telefones, computadores, portão eletrônico, etc. Este sistema exige um Projeto específico para esse fim, por uma pessoa ou firma especializada.

NOTA: Os circuitos não elétricos mencionados neste subitem 5.1, podem não ser projetados/elaborados/executados pela mesma pessoa que irá elaborar o Projeto Elétrico. Mas o planejamento deles, deverá ser feito em conjunto com o Projeto Elétrico da residência.

E LEMBRE-SE: O Projeto Elétrico deverá ser elaborado, antes de iniciar a construção civil da residência e deverá ser feito juntamente com outros projetos de circuitos não elétricos (mencionados anteriormente). Com isso os Projetistas de cada área, poderão otimizar os Projetos, sanando as dúvidas existentes e conseqüentemente, reduzindo os custos e tempos.

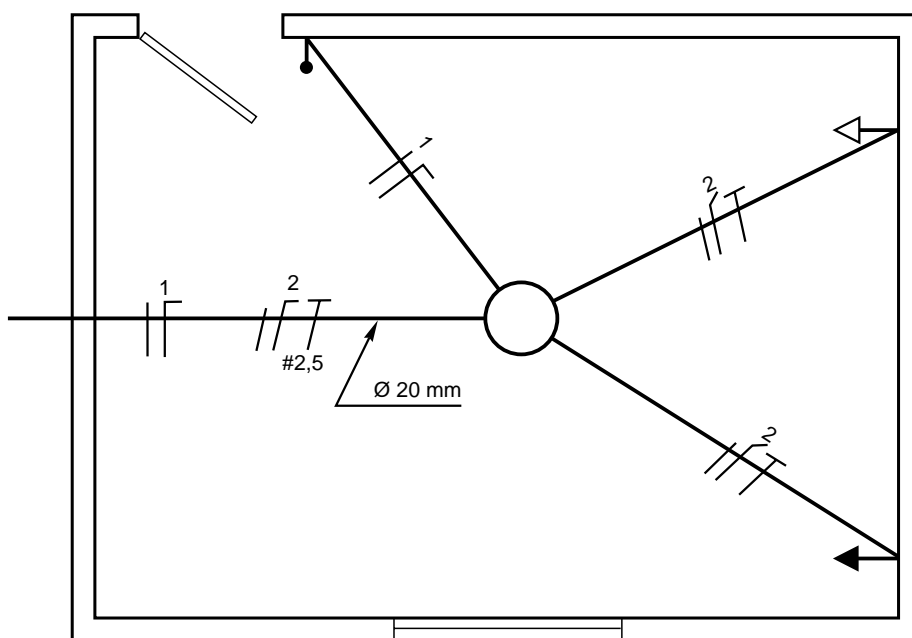
Em cada etapa de construção obra da residência, deverá ser executada uma parte de cada Projeto.

Uma instalação elétrica interna deverá funcionar perfeitamente, atendendo todas as necessidades para as quais foi projetada/especificada, proporcionando, conforto e segurança aos usuários.

5.2 - Traçado do Projeto Elétrico

O Projeto de uma Instalação Elétrica, deverá seguir certos requisitos para facilitar o entendimento deste Projeto.

É necessário traçar um diagrama com a disposição física dos elementos/componentes da instalação elétrica. Neste diagrama deverão ser anotados todos os detalhes necessários para a perfeita execução do Projeto Elétrico, utilizando-se dos símbolos e convenções do subitem 2.2 página 49.

O diagrama a seguir mostra um exemplo.

5.3 - Elaboração de um Projeto Elétrico

Para a elaboração de um Projeto Elétrico de uma residência, deverá ser aplicado grande parte dos conceitos deste Manual. Por isso é importante que esses conceitos estejam entendidos. Sempre que necessário, deverá ser consultado e estudado novamente os capítulos anteriores. Não se deve ter dúvidas. É importante que a pessoa sempre tenha firmeza em suas decisões.

Mesmo seguindo os procedimentos técnicos estabelecidos neste Manual, duas pessoas provavelmente elaborarão Projetos Elétricos diferentes para uma mesma residência. Porém esses Projetos poderão estar corretos. As pessoas têm procedimentos próprios, de perfil, estilo, etc.

Quanto ao Projeto Elétrico elaborado nesse Manual, uma pessoa poderá não concordar com uma parte dele ou mesmo com todo o Projeto.

O importante na elaboração de um Projeto Elétrico, é que ele seja feito de acordo com as recomendações técnicas vigentes nas Normas da ABNT, da CEMIG.

O Projeto Elétrico é elaborado a partir de desenhos da "planta baixa" de uma residência. Nas "plantas baixa" deverão conter o endereço completo do imóvel, bem como as informações do Projetista.

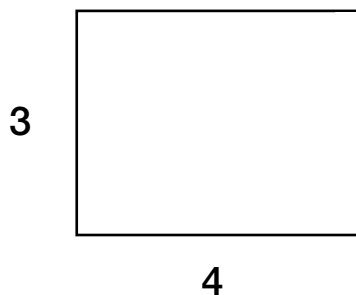
1) Nessa "planta baixa", deverá conter: a localização da casa no terreno, bem como, a disposição dos cômodos, com os nomes e suas dimensões e a orientação da casa em relação a Rua.
2) Em outra "planta baixa" da residência, deverá conter: a disposição dos móveis e utensílios, equipamentos e aparelhos elétricos, iluminação, interruptores, tomadas de uso geral, tomadas de uso específico, etc.

A localização adequada da iluminação, interruptores, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, é muito importante.
Os pontos de iluminação deverão estar preferencialmente centralizados em cada cômodo, para uma melhor distribuição geral da iluminação. Se o cômodo tiver armários, deverá ser descontado o espaço ocupado por esse armário, para localizar o ponto de iluminação.
Os interruptores e tomadas, não deverão ser instalados atrás de uma porta (aberta).

3) Em outra "planta baixa" da residência, deverá conter: iluminação, interruptores, tomadas de uso geral, tomadas de uso específico, etc, sem os móveis e utensílios. Nesta "planta", será elaborado o Projeto Elétrico (as outras "plantas baixa" serão consultadas durante a elaboração do Projeto Elétrico).
4) **NOTA:** Apesar de não ser tratado neste Manual, os circuitos não elétricos mencionados no subitem 5.1 página 123, também deverão ser elaborados em "plantas baixa" e planejados em conjunto (mas em plantas separadas) com o Projeto Elétrico.

Os desenhos da "planta baixa" devem ser feitos em escalas. Essas escalas podem ser 1:100 (leia-se um para cem), 1:75, 1:50, etc.

As pessoas estão acostumadas com a escala 1:100 – uma régua comum, em centímetros (cm), que é utilizada para desenhar e fazer medições em um papel.

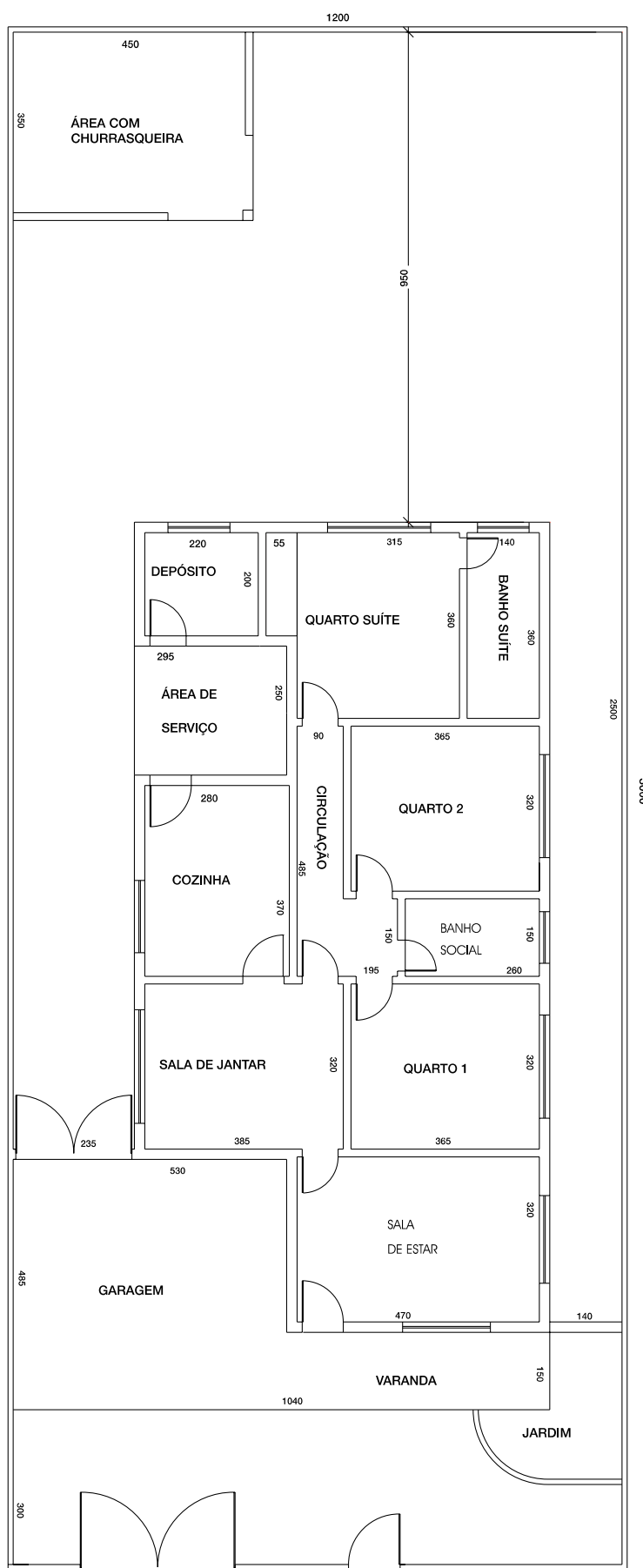
Qual é o significado de uma escala 1:100 de um desenho, que utilizou uma régua em centímetros (cm)? Significa que para cada 1 (um) centímetro medido no desenho, tem-se 100 cm ou 1 metro na escala real. Por exemplo, medindo o comprimento de um lado da parede no desenho abaixo, encontra-se um lado com 3 cm e outro com 4 cm.

Na escala real, uma parede terá 4 metros de comprimento e a outra, 3 metros.

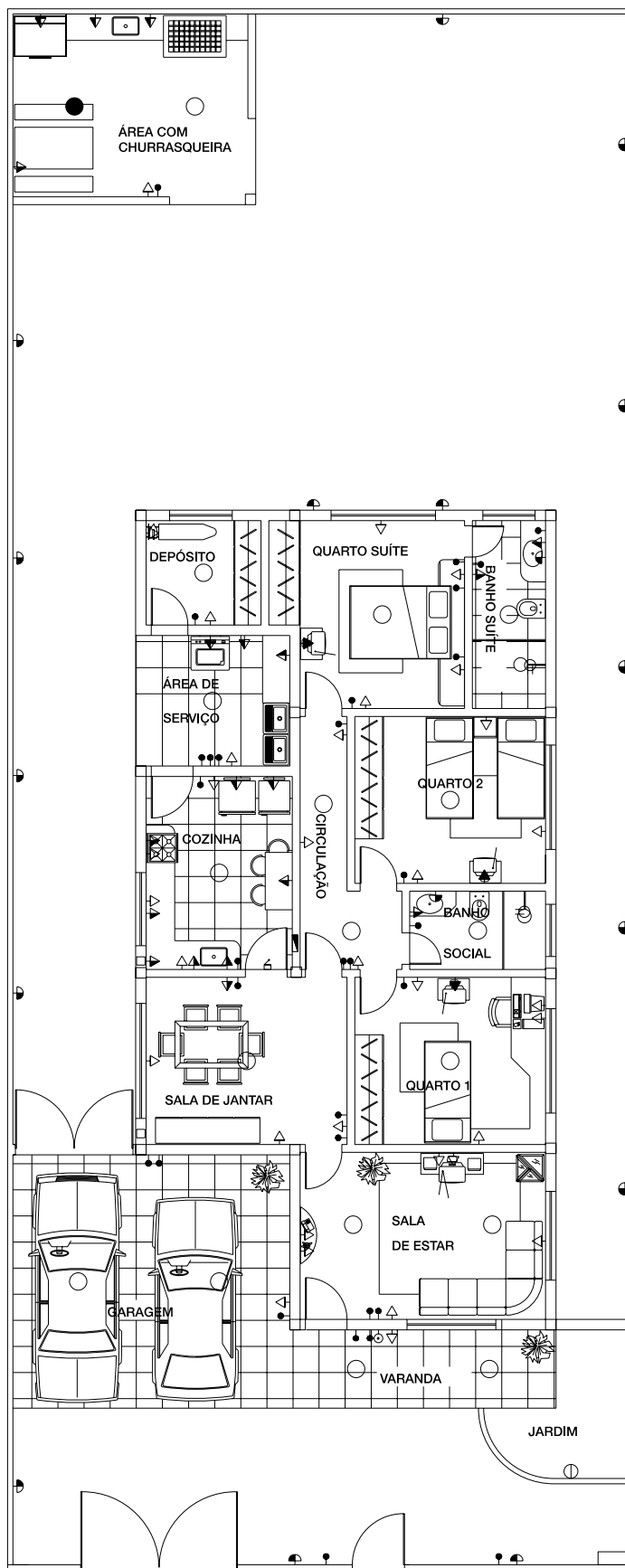
Um desenho feito em uma escala qualquer, deverá usar a régua com a escala conveniente – 1:100, 1:75, 1:50, etc.

A seguir estão apresentadas as 3 "plantas baixas" de uma residência mencionada neste subitem 5.3, a partir das quais, será elaborado um Projeto Elétrico.

Observação: foram suprimidos os seguintes dados nas "plantas baixa": endereço do imóvel e as informações do Projetista.

1 - Planta com a disposição da casa e cômodos, no terreno:

1200
450
350
ÁREA COM CHURRASQUEIRA
950
220
DEPÓSITO
200
55
315
QUARTO SUÍTE
360
140
BANHO SUÍTE
360
295
ÁREA DE SERVIÇO
250
90
365
2500
3000
280
CIRCULAÇÃO
QUARTO 2
320
COZINHA
485
370
150
BANHO SOCIAL
150
195
260
SALA DE JANTAR
320
QUARTO 1
320
235
385
365
530
320
SALA DE ESTAR
485
GARAGEM
470
140
VARANDA
150
1040
JARDIM
300

2 - Planta com os móveis e utensílios, equipamentos e aparelhos elétricos, pontos de iluminação, interruptores, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico:

ÁREA COM CHURRASQUEIRA
DEPÓSITO
QUARTO SUÍTE
BANHO SUÍTE
ÁREA DE SERVIÇO
QUARTO 2
COZINHA
CIRCULAÇÃO
BANHO SOCIAL
SALA DE JANTAR
QUARTO 1
SALA DE ESTAR
GARAGEM
VARANDA
JARDIM

3 – Planta com os pontos de iluminação, interruptores, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico:

ÁREA COM CHURRASQUEIRA

DEPÓSITO

QUARTO SUÍTE

BANHO SUÍTE

ÁREA DE SERVIÇO

COZINHA

CIRCULAÇÃO

QUARTO 2

BANHO SOCIAL

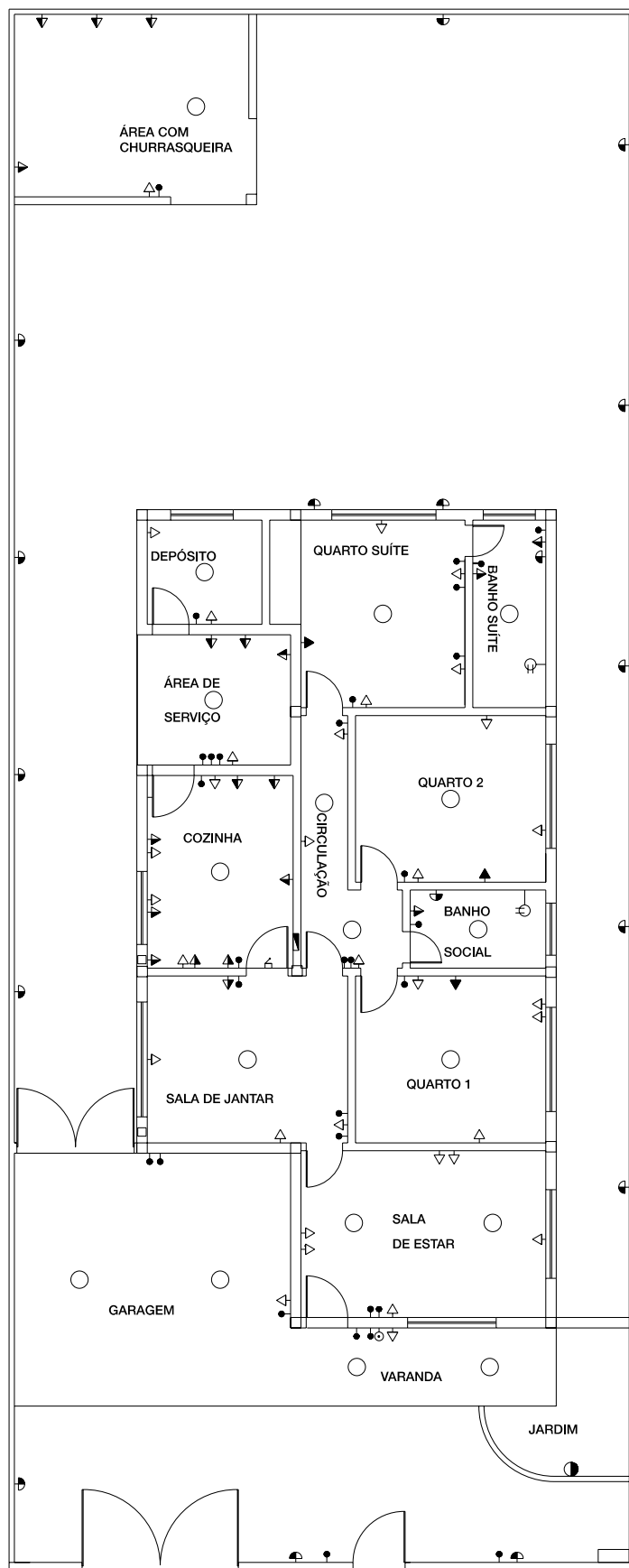
QUARTO 1

SALA DE JANTAR

SALA DE ESTAR

GARAGEM

VARANDA

JARDIM

A partir do entendimento, análise e compreensão das “planta baixa” da residência e seguindo também os passos definidos no subitem 5.1 página 123, deverão ser adotados os seguintes procedimentos:

1 - Calcular o perímetro e a área de cada cômodo;

2 - A partir do perímetro, calcular o número mínimo de tomadas de uso geral para cada cômodo conforme estabelecido no subitem 2.4 página 52. A disposição delas, deverá ser de acordo com a “planta baixa” que contenha os móveis e utensílios e equipamentos elétricos. É importante salientar, que o proprietário poderá desejar um número maior de tomadas além do calculado. Por isso é importante conversar com ele;

3 - A carga das tomadas de uso específico (subitem 2.3.2 página 51), deverá ser de acordo com a potência de cada equipamento elétrico. Por exemplo, a carga de um chuveiro elétrico é de 4.400 VA. Observação: existem chuveiros de potência maior.

   Nos Anexos 6 (página 216) e 7 (página 217), encontram-se respectivamente, Tabelas práticas – “Potência Média de Aparelhos Elétricos” e “Características de Motores Elétricos”, que mostram as potências dos principais aparelhos e motores elétricos.

4 - A carga de iluminação poderá ser calculada de acordo com o subitem 2.3.3 página 51;

5 - Somar separadamente as cargas de tomadas de uso geral, tomadas de uso específico e de iluminação, em cada cômodo;

6- A partir dessa soma das cargas, poderá elaborar a divisão dos circuitos elétricos de acordo com o subitem 2.5 página 53.

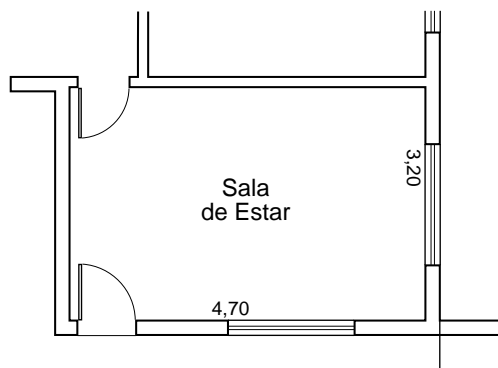
E lembre-se: Um Projeto Elétrico deverá proporcionar: alternativas criativas, conforto, beleza, qualidade, segurança, proteção, economia, menor tempo de conclusão, etc, em uma residência.

5.3.1 – Determinação das Cargas da Instalação Elétrica

As cargas de Tomadas de Uso Geral, Tomadas de Uso Específico e de Iluminação, serão determinadas de acordo com o subitem 2.3 página 51.

O número mínimo de Tomadas, será determinado de conforme os procedimentos do subitem 2.4 página 52 e de acordo com os equipamentos elétricos apresentados nas “plantas baixa” correspondente (ver subitem 5.3 página 125).

A seguir serão feitos os cálculos para os cômodos/áreas da residência. Deverão ser calculados, a área e o perímetro destes cômodos.

a) Sala de Estar

Área:

A Sala de Estar tem um formato regular, sendo que um lado mede 3,20 m e outro mede 4,70 m. A área desta Sala, é calculada multiplicando comprimento de dois lados:

3,20 m x 4,70 m = **15,0 m²**

Perímetro:

É a soma dos comprimentos dos 4 lados da Sala:

2 x 3,20 m + 2 x 4,70 m = **15,8 m**

Iluminação:

De acordo com a Tabela 2.2 página 52 para essa área de 15,0 m², a carga de iluminação deverá ser de 280 VA. Pelas dimensões da Sala, optou-se por dois pontos de Iluminação, para uma melhor distribuição da luz:

2 Pontos de 140 VA

Número Mínimo de Tomadas de Uso Geral:

É calculado dividindo o perímetro da Sala, por 5 m (ver subitem 2.4 página 52):

15,8 m / 5 m = 3,2 = **4 Tomadas de 100 VA**

Número de Tomadas de Uso Geral Instaladas:

Optou-se para inclusão de mais duas tomadas devido as dimensões e dos aparelhos elétricos, da Sala:

6 Tomadas de 100 VA

Para os outros cômodos, os procedimentos e cálculos, são análogos, conforme a seguir.

b) Sala de Jantar

Área:	3,20 m x 3,85 m	=	12,3 m²
Perímetro:	2 x 3,20 m + 2 x 3,85 m	=	14,1 m
Iluminação:	12,3 m²	=	220 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	14,1 m / 5 m = 2,8	=	3 de 100 VA
Nº de Tomadas Instaladas:			4 de 100 VA

Observação: uma tomada em cada parede.

NOTA: se a Sala de Jantar for também considerada como Copa, adotar os procedimentos estabelecidos nos subitens 2.3.1 página 51 e 2.4 página 52.

c) Quarto 1

Área:	3,20 m x 3,65 m	= 11,7 m^2
Perímetro:	2 x 3,20 m + 2 x 3,65 m	= 13,7 m
Iluminação:	11,7 m2	= 220 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	13,7 m / 5 m = 2,7	= 3 de 100 VA
Nº de Tomadas Instaladas:		5 de 100 VA

Observação: 2 tomadas a mais para o Computador/Impressora.

d) Quarto 2

Área:	3,20 m x 3,65 m	= 11,7 m^2
Perímetro:	2 x 3,20 m + 2 x 3,65 m	= 13,7 m
Iluminação:	11,7 m^2	= 220 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	13,7 m / 5 m = 2,7	= 3 de 100 VA
Nº de Tomadas Instaladas:		4 de 100 VA

Observação: 1 tomada a mais, instalada entre as camas, para o uso de um abajur.

e) Quarto Suíte

Área:	3,15 m x 3,60 m	= 11,3 m^2
Perímetro:	2 x 3,15 m + 2 x 3,60 m	= 13,5 m
Iluminação:	11,3 m^2	= 220 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	13,7 m / 5 m = 2,7	= 3 de 100 VA
Nº de Tomadas Instaladas:		5 de 100 VA

Observação: 2 tomadas a mais, instaladas de cada lado da cama de casal – abajur e rádio relógio.

f) Cozinha

Área:	2,80 m x 3,70 m	= 10,4 m^2
Perímetro:	2 x 2,80 m + 2 x 3,70 m	= 13,0 m
Iluminação:	10,4 m^2	= 220 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	13,0 m / 3,5 m = 3,7	= 4
Nº de Tomadas Instaladas:		6 de 100 VA e 3 de 600 VA

Observação: Equipamentos previstos para serem utilizados na Cozinha: Geladeira, Freezer, Forno de Microondas, Exaustor, ligação de iluminação/acendedor do Fogão a gás, Triturador de alimentos, Máquina de Lavar Pratos, Forno Elétrico, além dos equipamentos de uso esporádico, tais como: Liqüidificador, Grill, Tostadeira, Faca Elétrica, etc.

As tomadas de 600 VA, devem ser previstas de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

NOTA: Se existirem Forno de Microondas, Forno Elétrico, Máquina de Lavar Louças, ou qualquer outro aparelho elétrico, com a corrente elétrica individual superior a 10 A, deverá ser previsto um circuito elétrico individual, conforme estabelecido no subitem 2.5 página 53.

g) Área de Serviço

Área:	2,50 m x 2,95 m	= 7,4 m²
Perímetro:	2 x 2,50 m + 2 x 2,95 m	= 10,9 m
Iluminação:	7,4 m²	= 160 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	10,9 m / 3,5 m = 3,1	= 4
Nº de Tomadas Instaladas:		1 de 100 VA e 3 de 600 VA

Observação: Equipamentos previstos para serem utilizados na Área de Serviço: Máquina de Lavar Roupas, Máquina de Secar Roupas, Ferro Elétrico, etc.

As tomadas de 600 VA, devem ser previstas de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

NOTA: Se existir algum aparelho elétrico, com a corrente elétrica individual superior a 10 A, deverá ser previsto um circuito elétrico individual, conforme estabelecido no subitem 2.5 página 53.

h) Depósito

Área:	2,00 m x 2,20 m	= 4,4 m²
Perímetro:	2 x 2,00 m + 2 x 2,20 m	= 8,4 m
Iluminação:	4,4 m²	= 100 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	8,4 m / 5 m = 1,7	= 2 de 100 VA

i) Área com Churrasqueira

Área:	3,50 m x 4,50 m	= 15,8 m²
Perímetro:	2 x 3,50 m + 2 x 4,50 m	= 16,0 m
Iluminação:	15,8 m²	= 2 de 140 VA
Nº Mínimo de Tomadas:	16,0 m / 3,5 m = 4,6	= 5
Nº de Tomadas Instaladas:		4 de 100 VA e 1 de 600 VA

Observação: Foi prevista a instalação da tomada de 600 VA nesta Área da Churrasqueira, para uma ligação de um aparelho elétrico de maior potência: um pequeno forno, por exemplo.

NOTA: se existir algum aparelho elétrico, com a corrente elétrica individual superior a 10 A, deverá ser previsto um circuito elétrico individual, conforme estabelecido no subitem 2.5 página 61. Uma churrasqueira elétrica, tem uma potência média de 3.000 Watts.

j) Varanda

Iluminação: 2 Pontos de 60 VA = 120 VA
Tomada: 1 de 1.000 VA
Observação: A tomada de 1.000 VA, deve ser prevista de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

k) Garagem

Iluminação: 2 Pontos de 60 VA = 120 VA
Tomada: 1 de 1.000 VA
Observação: A tomada de 1.000 VA, deve ser prevista de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

l) Hall

Iluminação: 60 VA
Tomada: 1 de 100 VA

m) Banho Social

Iluminação: 2 de 60 VA
Tomada: 1 de 600 VA
Observação: A tomada de 600 VA, deve ser prevista de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

n) Corredor

Iluminação: 60 VA
Tomadas: 2 de 100 VA

o) Banho Suíte

Iluminação: 2 de 60 VA
Tomadas: 2 de 600 VA

Observação: As tomada de 600 VA, devem ser previstas de acordo com o subitem 2.3.1 página 51.

Além destas cargas dimensionadas neste subitem 5.3.1, deverão ser consideradas, ainda, as Tomadas de Uso Específico dos dois chuveiros elétricos, com a carga de aproximadamente 4.400 VA para cada um, bem como a carga de Iluminação: do Jardim, Muro da Frente, Muro do lado Direito, Muro do lado Esquerdo, Muro do Fundo, Parede Fundo da Casa.

p) Chuveiro Elétrico (Banho Social) 4.400 VA

q) Chuveiro Elétrico (Banho Suíte) 4.400 VA

r) Muro da Frente

Iluminação:	3 Pontos de 60 VA	= 180 VA

s) Jardim

Iluminação:	1 Ponto de 100 VA	= 100 VA

t) Muro do lado Direito

Iluminação:	5 Pontos de 60 VA	= 300 VA

Observação: Optou-se por distância de 5 m, entre os pontos de iluminação, pois essa área poderá não ser muito utilizada a noite.

u) Muro do lado Esquerdo

Iluminação:	4 Pontos de 60 VA	= 240 VA

Observação: Optou-se por distância de 4 m, entre os pontos de iluminação, pois essa área poderá ser utilizada com maior freqüência a noite.

v) Muro do Fundo

Iluminação:	1 Ponto de 60 VA	= 60 VA

x) Parede do Fundo da Casa

Iluminação:	2 Pontos de 60 VA	= 120 VA

OBSERVAÇÕES:

Nesse Projeto Elétrico optou-se por determinados procedimentos mínimos de conforto "elétrico". Eles podem ser melhorados. Essas melhorias sempre custam mais e a decisão é do proprietário.

A seguir são apresentadas algumas sugestões neste aspecto.

É comum que seja feito em determinados tipos de cômodos, o rebaixamento do teto, sancas, etc, onde são instalados determinados tipos de luminárias/lâmpadas, que proporcionam uma melhor iluminação especial no ambiente. O uso de interruptores Paralelos, Intermediários e "Dimmers", são bastante recomendados.

Muro da Frente – O comando do Interruptor Paralelo, poderá ser melhorado, com um Interruptor Intermediário instalado dentro da casa (na Sala de Estar, por exemplo).

Jardim – O comando poderia ser por Interruptor Paralelo e/ou ter mais pontos de iluminação.

Varanda – O comando das lâmpadas poderia ser individualmente.

Garagem – O conforto seria aumentado com Interruptor Intermediário instalado dentro da Sala de Estar e as lâmpadas com comandos separados.

É importante que nessa área, a iluminação seja com lâmpadas fluorescentes, pois elas iluminam mais e economizam mais do que as incandescentes.

Sala de Estar – As luminárias poderiam ser comandadas separadamente. Poderiam também ter outras iluminações (com luminárias ou lâmpadas especiais, como as halógenas, etc) com fins decorativos: quadros, retratos, estátuas, objetos de adorno, etc, com comandos separados. Instalação de interruptores "Dimmer" Paralelo.

Quarto 1 e Quarto 2 – Poderiam ser colocados comandos por Interruptores Paralelos.

Corredor e Hall – O comando das lâmpadas poderia ser individualmente.

Banheiro Social e da Suite – Poderia ter outros pontos de iluminação junto aos espelhos e no Box do chuveiro. Os chuveiros elétricos poderiam ter uma potência maior do que 4.400 VA.

Cozinha – Poderia ter uma iluminação especial sobre a bancada.

É importante que na Cozinha, a iluminação seja com lâmpadas fluorescentes, pois elas iluminam mais e economizam mais do que as incandescentes e esquentam menos o ambiente.

Muro lado Direito/Fundo, Parede do Fundo – Neste Projeto o comando da iluminação é feito simultaneamente por Interruptores Paralelos, sendo um interruptor instalado no Quarto Suíte junto a cama e outro na Área de Serviço.

O comando poderia ser feito com a adição de Interruptores Intermediários instalados em diversos pontos da residência, o que poderia aumentar os aspectos de segurança e comodidade. Também essas lâmpadas poderiam não ser todas acesas ao mesmo tempo. É aconselhável utilizar lâmpadas fluorescentes compactas (ver subitem 7.2.2 página 191) no Muro. Poderiam ser colocados mais ou menos pontos de iluminação.

Muro lado Esquerdo – Neste Projeto o comando de iluminação é feito simultaneamente por Interruptores Paralelos, sendo um interruptor instalado na Garagem e outro na Área de Serviço. O comando poderia ser feito com a adição de Interruptores Intermediários instalados em diversos pontos da residência, o que poderia aumentar os aspectos de segurança. Também essas lâmpadas poderiam não acender todas ao mesmo tempo. É também, aconselhável utilizar lâmpadas fluorescentes compactas (ver subitem 7.2.2 página 191) no Muro. Poderiam ser colocados mais ou menos pontos de iluminação.

Área da Churrasqueira – O comando da iluminação poderia ser feito, por Interruptores Paralelos.

É importante que nessa área, a iluminação seja com lâmpadas fluorescentes, pois elas iluminam mais e economizam mais do que as incandescentes.

Além disso, poderia ter circuitos de comando e segurança, espalhados por diversos pontos da residência.

5.3.1.1 – Outras Cargas Elétricas

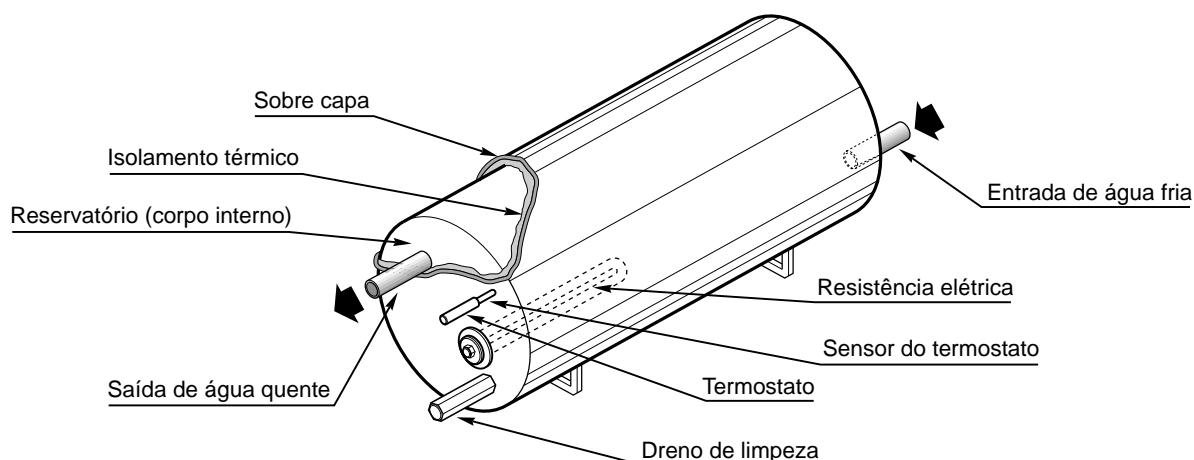
É importante que o Projetista defina com o Proprietário se há necessidade de outras cargas de Iluminação, Tomadas de Uso Geral, Tomadas de Uso Específico etc, além das dimensionadas no subitem 5.3.1 página 130.

Por exemplo, o aquecimento de água, ao invés de ser através de chuveiro elétrico, poderia ser feito por um aquecedor elétrico ou coletor solar. Neste caso, o Projeto Elétrico seria outro. Os circuitos elétricos previstos para o chuveiro deixariam de existir, dando lugar aos circuitos para os aquecedores.

Se o aquecimento de água for feito por um aquecedor, deve-se ter um circuito elétrico independente. Se o aquecedor elétrico for para ser ligado na tensão de 220 V, o circuito terá 3 condutores, sendo 2 condutores da Fase e 1 Condutor de Proteção (PE).

As capacidades do volume dos aquecedores geralmente são de 80, 100, 150 e 200 litros. A potência elétrica varia de 1.500 a 3.000 Watts, nas tensões de 127 ou 220 Volts.

A parte hidráulica para o sistema de aquecimento, é também muito importante que seja feita corretamente.

O aquecedor e as tubulações para a água quente, devem ter um isolamento térmico. Esse isolamento permite que a água permaneça quente por uma maior período de tempo (mesmo com o aquecedor elétrico desligado), economizando assim, a energia elétrica.

É importante colocar no circuito elétrico do aquecedor, um "Timer" (leia-se "taimer"), que é um temporizador que permite ajustar os dias, horários e tempos que o aquecedor deverá permanecer ligado. O "Timer" deverá ser ajustado de acordo com os horários e hábitos de tomar banho das pessoas da residência. Após os ajustes, o "Timer" ligará/desligará automaticamente o aquecedor elétrico nas horas para o qual foi programado.

É conveniente também, ajustar a temperatura média da água quente no aquecedor. Geralmente em torno de 50 °C. As temperaturas altas de água, em caso de acidentes ou descuido na utilização, poderão provocar queimaduras nas pessoas.

O aquecimento de água através da energia solar, deverá ser feito por uma pessoa ou firma especializada, com experiência comprovada no assunto. É importante que as placas dos coletores solares e o reservatório térmico tenham Selo PROCEL/INMETRO (ver subitem 1.14.3 página 37) e que demais equipamentos do sistema, sejam de ótima qualidade.

O sistema de aquecimento de água através da energia solar, também necessita de um aquecedor elétrico, que entra em funcionamento nos dias em que o tempo fica nublado por um longo período. Com isso, deverá ser providenciado um circuito elétrico para o sistema.

Se o Proprietário optar para a colocação de Condicionadores de Ar (Selo PROCEL/INMETRO, ver subitem 1.14.3 página 37), o circuito elétrico deverá ser também independente, sendo um para cada aparelho.

O aparelho de Condicionador de Ar para tensão de 127 V, o circuito elétrico terá 3 fios: 1 da Fase, 1 do Neutro e o outro de Proteção (PE). Se o aparelho for para tensão de 220 V, o circuito elétrico terá 3 fios: 2 da Fase e 1 de Proteção (PE).

A capacidade de refrigeração dos Condicionadores de Ar para o uso em residências, é geralmente especificada na unidade inglesa denominada "Britsh Thermal Unit" - BTU/h.

Os Condicionadores de Ar podem somente resfriar o ambiente, mas também existem modelos que resfriam e aquecem os ambientes.

Existem diversos tipos e modelos de Condicionadores de Ar. Os dois tipos mais usuais em residências, são: "Janela" e "Split"

• **“Janela”:** são os tipos mais encontrados nas residências em geral.

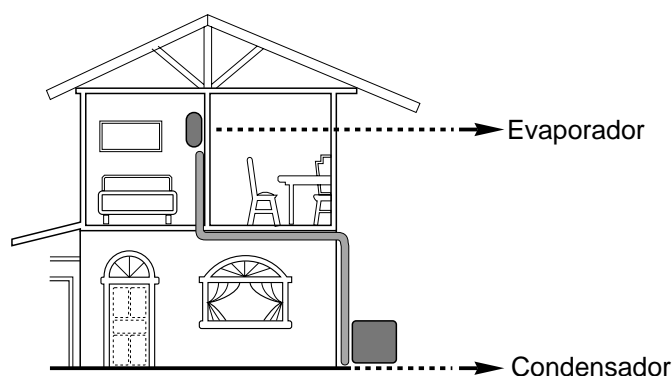
A Tabela 5.1 mostra a capacidade e a potência elétrica aproximada dos principais aparelhos do tipo “Janela”:

CAPACIDADE (BTU/h)	POTÊNCIA (VA) Valores Médios
8.500	1.500
10.000	1.650
12.000	1.900
14.000	2.100
18.000	2.860
21.000	3.080
30.000	4.000

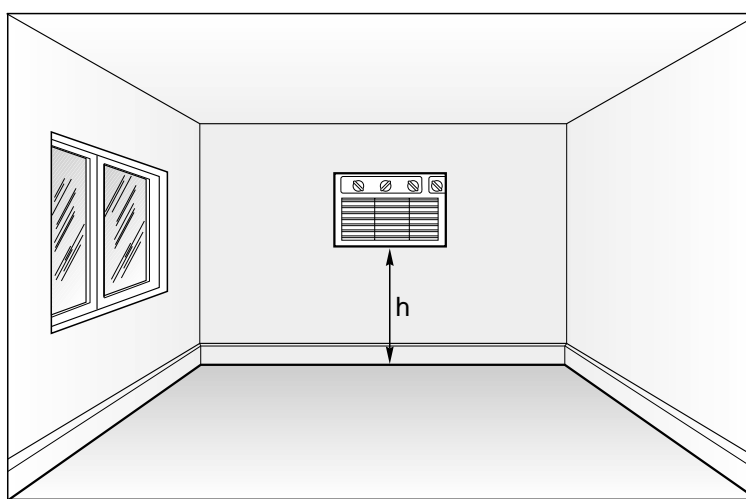
Tabela 5.1

Observação: Até 10.000 BTU/h, esses aparelhos podem ser fabricados para a tensão de 127 ou de 220 V. A partir de 12.000 BTU/h, geralmente esses aparelhos são fabricados para a tensão de 220 Volts.

• **“Split”:** são aparelhos que geralmente têm um desempenho melhor do que os tipos “Janela”, pois é formado de duas unidades: uma interna denominada de “Evaporador” e outra externa denominada de “Condensador”. Esses aparelhos, além de serem mais silenciosos (dentro do ambiente interno), geralmente permitem um maior controle de variação da temperatura e tempo de funcionamento (“timer”).

Existem modelos de Condicionadores de Ar tipo “Split”, que, com uma unidade externa (Condensador), pode refrigerar mais de um ambiente. Neste caso, cada ambiente refrigerado deverá ter uma unidade de “Evaporador”.

Nota: geralmente a maioria dos modelos de Condicionador de Ar, pode refrigerar somente um cômodo.

Para dimensionar um Condicionador de Ar para um ambiente, devem ser levados em conta, os principais requisitos:

- O tipo do aparelho a ser instalado;
- Tamanho do ambiente;
- Quantidade de pessoas no ambiente;
- Se o sol incide nas janelas pela manhã ou a tarde;
- Se as janelas têm cortinas;
- Se o sol incide sobre esse aparelho;
- Se o cômodo possui aparelhos elétricos que desprendem calor no ambiente;
- Se as portas ficam fechadas ou abertas, etc.

h = (1,50 a 1,80 m) do piso

Na instalação de um Condicionador de Ar do tipo "Janela", além dos cuidados com a instalação elétrica mencionados neste subitem 5.3.1.1, deve-se observar a altura e local que esses aparelhos são instalados e com a mangueira para o dreno da água.

Os do tipo "Split", devem ser instalados por pessoas especializadas.

Em caso de dúvidas, procure sempre uma empresa ou técnico especializado.

Nesse Projeto, também não foi previsto o circuito para o "Portão Eletrônico" da Garagem. Se o Proprietário fizer essa opção, deverá ser previsto no Projeto os circuitos eletro/eletrônicos.

5.3.2 – Divisão dos Circuitos de uma Instalação Elétrica

Seguindo os procedimentos estabelecidos nos subitens 2.5 página 53 e 2.8 página 62, deverão ser feitas as divisões dos circuitos da instalação elétrica.

É importante salientar, que devem ser escolhidas, sempre que possível, as cargas mais próximas uma das outras, para ser feita a divisão dos circuitos elétricos de uma residência. O Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC será instalado na Cozinha.

A seguir será apresentada a divisão dos circuitos elétricos.

Circuito 1 - Iluminação

Muro da Frente:	3 Pontos	180 VA
Jardim:	1 Ponto	100 VA
Varanda:	2 Pontos	120 VA
Garagem:	2 Pontos	120 VA
Sala de Estar:	2 Pontos	280 VA
Quarto 1:	1 Ponto	220 VA
Banho Social:	2 Pontos	120 VA
Sala de Jantar:	1 Ponto	220 VA
Subtotal:	**14 Pontos**	**1.360 VA**
Corrente:		**10,7 A**

Circuito 2 - Iluminação

Hall:	1 Ponto	60 VA
Corredor:	1 Ponto	60 VA
Quarto 2:	1 Ponto	220 VA
Quarto Suíte:	1 Ponto	220 VA
Banho Suíte:	2 Pontos	120 VA
Parede Fundo da Casa:	2 Pontos	120 VA
Muro do lado Direito:	5 Pontos	300 VA
Muro do Fundo:	1 Ponto	60 VA
Subtotal:	**14 Pontos**	**1.160 VA**
Corrente:		**9,1 A**

Circuito 3 - Iluminação

Cozinha:	1 Ponto	220 VA
Área de Serviço:	1 Ponto	160 VA
Depósito:	1 Ponto	100 VA
Churrasqueira:	2 Pontos	280 VA
Muro do lado Esquerdo:	4 Pontos	240 VA
Subtotal:	**9 Pontos**	**1.000 VA**
Corrente:		**7,9 A**

Circuito 4 – Tomadas de Uso Geral

Sala de Estar	5 Pontos	500 VA
Quarto 1	5 Pontos	500 VA
Banho Social	1 Ponto	600 VA
Hall Corredor	1 Ponto	100 VA
Quarto 2	2 Pontos	200 VA
Subtotal:	**14 Pontos**	**1.900 VA**
Corrente:		**15 A**

Circuito 5 – Tomadas de Uso Geral

Corredor	1 Ponto	100 VA
Quarto 2	2 Pontos	200 VA
Quarto Suíte	5 pontos	500 VA
Banho Suíte	2 Pontos	1.200 VA
Subtotal:	**10 Pontos**	**2.000 VA**
Corrente:		**15,7 A**

Circuito 6 – Tomadas de Uso Geral

Sala de Jantar	3 Pontos	300 VA
Garagem	1 Ponto	1.000 VA
Subtotal:	**4 Pontos**	**1.300 VA**
Corrente:		**10,2 A**

Circuito 7 – Tomadas de Uso Geral

Corredor	1 Ponto	100 VA
Sala de Jantar	1 Ponto	100 VA
Cozinha	9 Pontos	900 VA
Área de Serviço	1 Ponto	100 VA
Subtotal:	**12 Pontos**	**1.200 VA**
Corrente:		**9,5 A**

Circuito 8 – Tomadas de Uso Geral

Depósito	2 Pontos	200 VA
Área da Churrasqueira	4 Pontos	400 VA
Área da Churrasqueira	1 Ponto	600 VA
Subtotal:	**7 Pontos**	**1.200 VA**
Corrente:		**9,5 A**

Circuito 9 – Tomadas de Uso Geral

Área de Serviço	3 Pontos	1.800 VA
Subtotal:	**3 Pontos**	**1.800 VA**
Corrente:		**14,2 A**

Circuito 10 – Tomadas de Uso Geral

Cozinha	3 Pontos	1.800 VA
Subtotal:	**3 Pontos**	**1.800 VA**
Corrente:		**14,2 A**

Circuito 11 – Tomadas de Uso Geral

Varanda	1 Ponto	1.000 VA
Sala de Estar	1 Ponto	100 VA
Subtotal:	**2 Pontos**	**1.100 VA**
Corrente:		**8,7 A**

Circuito 12 – Tomadas de Uso Específico – Chuveiro Elétrico (220V)

Banho Social	1 Ponto	4.400 VA
Subtotal:	**1 Ponto**	**4.400 VA**
Corrente:		**20 A**

Circuito 13 – Tomadas de Uso Específico – Chuveiro Elétrico (220V)

Banho Suíte	1 Ponto	4.400 VA
Subtotal:	**1 Ponto**	**4.400 VA**
Corrente:		**20 A**

Carga Total da Instalação Elétrica	**24.620 VA**
Corrente:	**64,6 A**

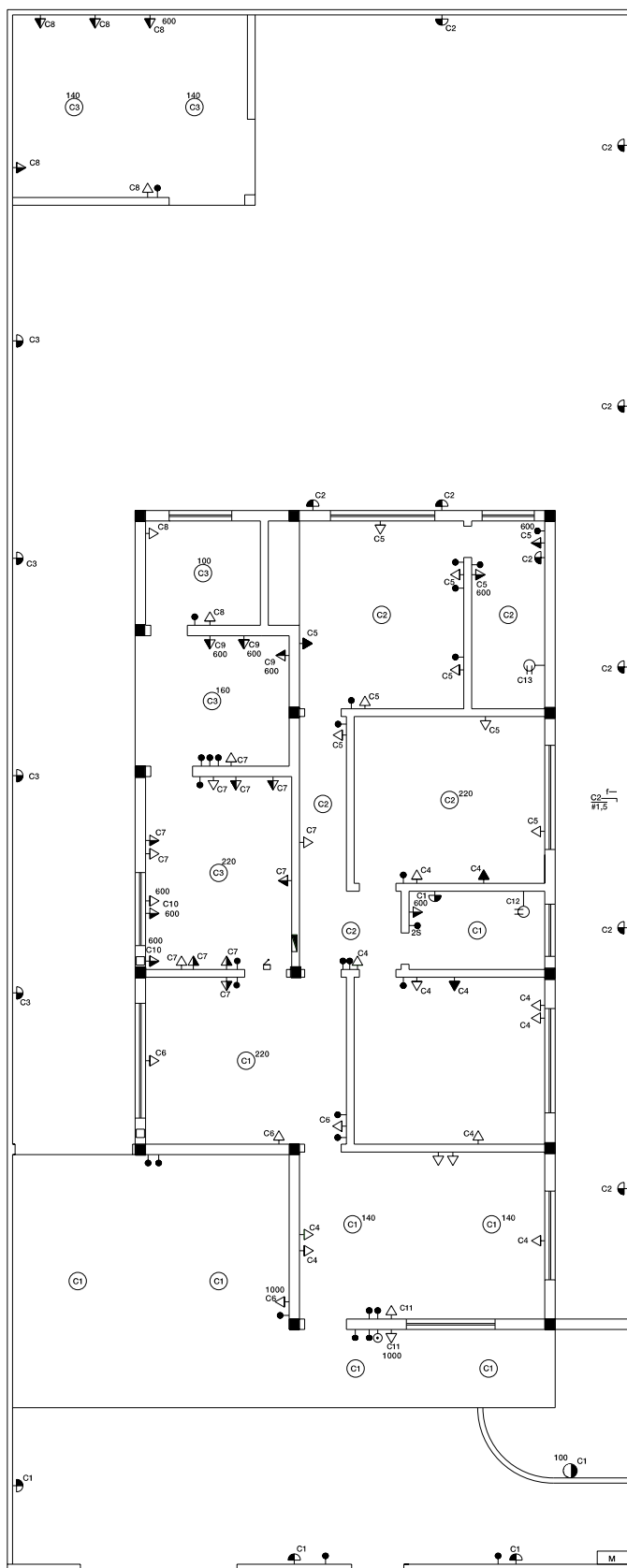
5.3.3 – Circuitos de Tomadas de Uso Geral e de Iluminação

Na “planta baixa” correspondente, deverão ser lançados os pontos dos circuitos elétricos, com as respectivas numerações – Luminárias, Tomadas de Uso Geral, Tomadas de Uso Específico, Interruptores, etc.

Nos pontos das luminárias deverão ser escritos os valores das cargas nesses pontos.

As Tomadas de Uso Geral de cargas maiores do que 100 VA e Tomadas de Uso Específico, também deverão ser identificadas nelas o valor da carga em VA.

É importante também já definir os locais onde a iluminação terá interruptores Simples, Duplos, Paralelos ou Intermediários, “Dimmers” etc.

A “planta baixa” com os pontos dos circuitos elétricos, com as respectivas numerações - Luminárias, Tomadas de Uso Geral, Tomadas de Uso Específico, Interruptores etc:

5.3.3.1 – Circuitos de Tomadas de Uso Geral

Os circuitos de Tomada de Uso Geral devem ser separados dos circuitos de Iluminação e terem os condutores com a bitola mínima de 2,5 mm^2, com uma Fase, um Neutro e o Condutor de Proteção (PE).

As quantidades de tomadas de uso geral do Projeto Elétrico (ver subitem 5.3.1 página 130), poderiam ser aumentadas em função dos aparelhos/equipamentos elétricos a serem utilizados/instalados na residência. Na Cozinha, por exemplo, é um local poderá requerer um maior número de tomadas. Também na Varanda e Garagem, poderiam ser instaladas mais tomadas.

É importante, que esses pontos de tomadas sejam instalados, somente quando necessários.

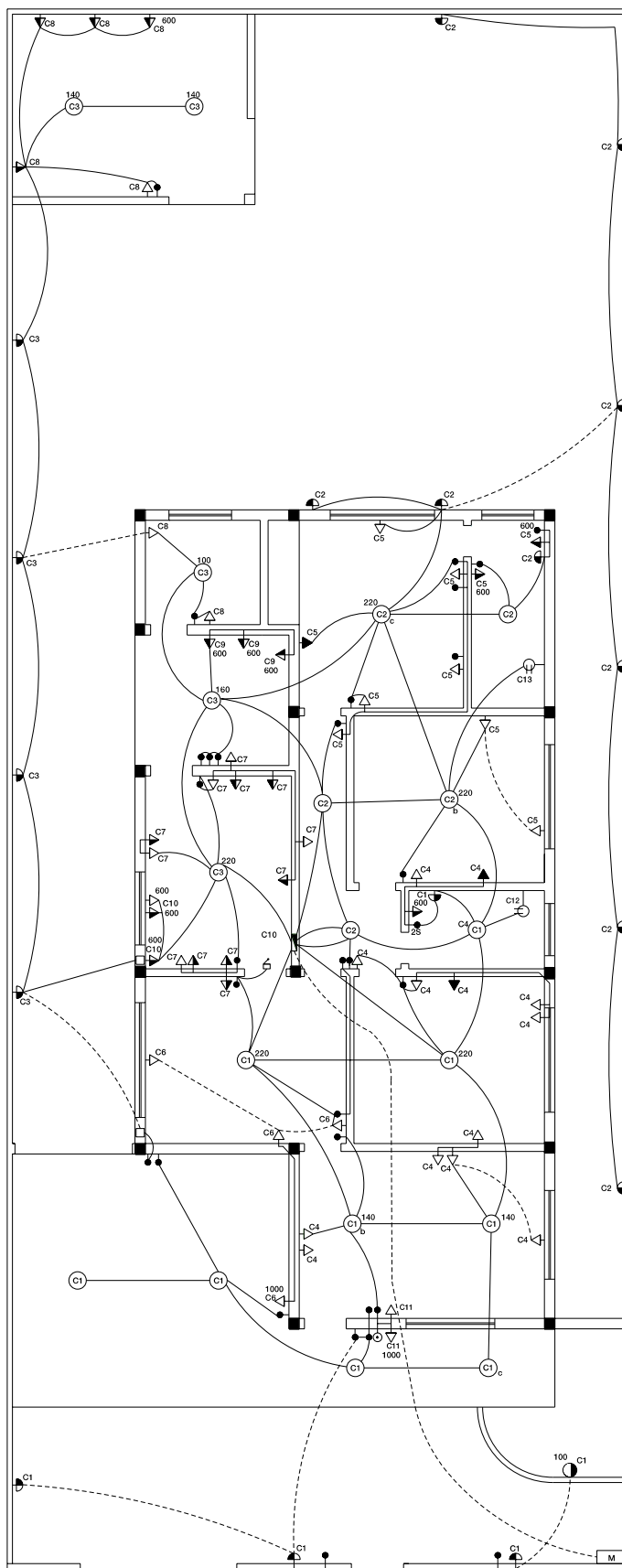
5.3.3.2 – Circuitos de Iluminação

Uma característica muito importante de um circuito de iluminação, além do nível de iluminamento adequado e dar segurança as pessoas, é a facilidade e comodidade que as pessoas têm de acender/apagar as luzes de um ambiente. A utilização de Interruptores Paralelos e Intermediários (ver subitem 2.7 página 59) e tipo do "Dimmer", é muito importante.

5.3.4 – Instalação de Eletrodutos

Após o lançamento dos pontos dos circuitos elétricos, devemos interligar estes pontos de cada circuito através de eletrodutos, a partir do Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC, procurando respeitar algumas regras básicas:

- O traçado do circuito elétrico deverá, sempre que possível, seguir o caminho mais curto, indo até as tomadas de uso geral, luminárias, interruptores etc, evitando-se o retorno dos condutores no sentido do QDC;
- A interligação entre os diversos trechos dos circuitos sempre deverá ser feita através das caixas para luminárias, situadas no teto;
- Deve ser evitado o cruzamento entre os eletrodutos, para não comprometer a rigidez estrutural da laje;
- A distância máxima recomendável entre duas caixas consecutivas não deverá ultrapassar 15 m nos trechos retos. Esta distância deverá ser reduzida de 3 m para cada curva de 90º intercalada no trecho;
- Caso passem no mesmo eletroduto condutores de dois ou mais circuitos diferentes, os mesmos deverão ser identificados tanto no eletroduto, como nos circuitos;
- Se necessário, poderá ser utilizado mais de um eletroduto de diâmetros menores, ao invés de um eletroduto de diâmetro maior, desde que não comprometa a passagem dos condutores elétricos, sendo portanto, de diâmetros equivalentes.

Na “planta baixa” a seguir, está apresentado o traçado dos eletrodutos e conseqüentemente, da fiação de cada circuito elétrico.

5.3.5 – Dimensionamento da Seção dos Condutores

Para a determinar a seção dos condutores a serem usados no Projeto Elétrico, deve-se calcular a corrente elétrica em cada trecho de um circuito e medir o comprimento em metros dos mesmos (observar em que escala foi feito o Projeto, ver subitem 5.1 página 123).

Em seguida, deve-se adotar os seguintes procedimentos para dimensionar a seção dos condutores:

- Seção (mm^2) Mínima dos Condutores (subitem 3.3.1 página 67);
- Limite de Condução de Corrente dos Condutores (subitem 3.3.2.1 página 69);
- Limite de Queda de Tensão (subitem 3.3.2.2 página 73).

Deverá ser feito um desenho do circuito elétrico, partindo do Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC, com os valores das cargas em cada ponto.

A corrente elétrica deverá ser calculada em cada um destes pontos. No primeiro trecho do circuito, ou seja, entre o QDC e a primeira luminária (ou tomada de uso geral), deverá conter toda a corrente elétrica das cargas do circuito.

Conforme foi visto no subitem 3.3.2.1 – Limite de Condução de Corrente de Condutores página 69, a Norma da ABNT, a NBR 5410/97 determina que os Fatores de Redução da capacidade de condução de corrente – “Temperatura” (Tabela 3.4) e de “Número de Condutores” (Tabela 3.5) devem ser aplicados quando todos os condutores vivos estão permanentemente carregados com 100 % (cem por cento) de sua carga.

Como em uma residência, as possibilidades de todos os circuitos elétricos que passam em um mesmo eletroduto fiquem permanentemente com 100 % de carga, são remotas, não serão aplicados os Fatores de Correção de: “Temperatura” e de “Número de Condutores”, no dimensionamento dos condutores deste Projeto Elétrico.

IMPORTANTE: Em uma situação prática em que isso possa acontecer, devem ser aplicados os referidos Fatores de Redução no dimensionamento dos condutores elétricos.

Neste Manual será utilizada a Tabela 3.3 página 70 “Capacidade de Condução de Corrente” – Colunas “2 Condutores Carregados” ou 3 Condutores Carregados”, conforme for a situação, para determinar a seção dos condutores quanto ao aspecto de capacidade de condução de corrente elétrica.

Ao tomar as medidas dos comprimentos dos circuitos, não pode ser esquecido o trecho do fio que está na vertical (subida ou descida em paredes), portanto, não aparece no desenho, bem como a escala do desenho.

Por exemplo: para a ligação de uma tomada de uso geral instalada a 30 cm do piso (tomada baixa), para um “pé direito” (altura do piso ao teto) igual a 3 m, devem ser acrescidos mais 2,70 m (3 m - 0,30 m) de fiação.

Para facilitar o entendimento e o cálculo, usa-se desenhar o diagrama por partes de, cada circuito separadamente. Neste desenho, coloca-se somente as cargas do circuito, deixando de fora toda a parte de comando (interruptores). Ver subitem 5.3.5.1 página 148.

5.3.5.1 – Cálculo de Momentos Elétricos e Seção de Condutores

A seguir serão apresentados os procedimentos de cálculos e os desenhos esquemáticos dos circuitos.

Circuito 1: Iluminação - 1.360 VA – 10,7 A

a) Momentos Elétricos

Deverão ser calculados os Momentos Elétricos (ME) dos principais trechos do circuito – os de maior carga e/ou de maior comprimento, ou seja, fazer os cálculos seguindo os trechos que apresentam os maiores valores dos Momentos Elétricos (ME).

Tomando inicialmente o primeiro trecho do Circuito 1, que vai desde o QDC até a caixa octogonal da luminária da Sala de Jantar.

Neste trecho, tem-se a carga total do circuito de 1.360 VA, corrente de 10,7 A e o comprimento de 3 m. Não se deve esquecer, os comprimentos dos trechos na vertical. O QDC será instalado a uma altura de 1,50 m (o seu centro) na parede da Cozinha

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 10,7 A x 3 m = 32,1 A.m

O segundo trecho: comprimento de 3 m, vai da Sala de Jantar até o Quarto 1, com a carga de 1.140 VA e a corrente de 9 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 9 A x 3 m = 27 A.m

O terceiro trecho: comprimento de 3,4 m, vai do Quarto 1 até Sala de Estar, com a carga de 800 VA e a corrente de 6,3 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 6,3 A x 3,4 m = 21,4 A.m

O quarto trecho: comprimento de 2,7 m, vai da Sala de Estar até o primeiro ponto da Varanda, com a carga de 520 VA e a corrente de 4,1 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 4,1 A x 2,7 m = 11,1 A.m

O quinto trecho: comprimento de 2,7 m, vai da primeiro ponto da Varanda até o segundo ponto da Varanda, com a carga de 460 VA e a corrente de 3,6 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 3,6 A x 2,7 m = 9,7 A.m

O sexto trecho: comprimento de 8 m, vai da segundo ponto da Varanda até o Muro da Frente, com a carga de 280 VA e a corrente de 2,2 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 2,2 A x 8 m = 17,6 A.m

O sétimo trecho: comprimento de 4,2 m, vai do primeiro ponto do Muro da Frente até o segundo ponto do Muro em direção ao Jardim, com a carga de 160 VA e a corrente de 1,3 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 1,3 A x 4,2 m = 5,5 A.m

O oitavo trecho: comprimento de 3,5 m, vai do segundo ponto do Muro da Frente até o Jardim, com a carga de 100 VA e a corrente de 0,79 A.

O Momento Elétrico no trecho é:

ME = 0,79 A x 3,5 m = 2,8 A.m

O Momento Elétrico total nestes 8 principais trechos, será a soma dos Momentos Elétricos dos trechos:

$$ME_{total} = 32,1 + 27 + 21,4 + 11,1 + 9,7 + 17,6 + 5,5 + 2,8 = \mathbf{127,2\ A.m}$$

b) Seção dos condutores

Seção mínima recomendada para os condutores a serem utilizados em circuitos de iluminação, é de 1,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67).

A corrente do total do Circuito 1 é de 10,7 A (1.360 VA). Pela Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 17,5 A para esse condutor de 1,5 mm^2.

Como a corrente total do Circuito 1 é 10,7 A, então pela capacidade de condução de corrente o condutor de seção de 1,5 mm^2 é adequado.

Analisando agora pelo Limite de Queda de Tensão (subitem 3.3.2.2 página 73), tem-se:

- O percentual máximo de queda de tensão permitido, a partir do QDC é de 2%;
- Momento Elétrico do condutor de 1,5 mm^2 é de 110 A.m (Tabela 3.6 página 77).

O Momento Elétrico total do Circuito 1 calculado, é de 127,2 A.m, maior do que o do cabo de 1,5 mm^2, que é de 110 A.m.

Se for usado esse condutor de 1,5 mm^2 em todo os trechos do Circuito 1, a queda de tensão percentual no final do trecho seria:

110 A.m 2%
127,2 a.m z

$$z = \frac{127{,}2 \times 2}{110} = \mathbf{2{,}3\%}$$ que é um valor acima do estabelecido.

A queda de tensão em cada um dos trechos do Circuito, usando o condutor de 1,5 mm^2 será:

Primeiro trecho:

110 A.m 2%
32,1 A.m z

$$z = \frac{32{,}1 \times 2}{110} = \mathbf{0{,}58\%}$$

Fazendo o cálculo, de maneira semelhante conforme elaborado para o primeiro trecho, obtem-se, os seguintes valores percentuais de queda de tensão para os demais trechos:

Segundo trecho:	ME = 27 A.m	Queda de Tensão:	0,49%
Terceiro trecho:	ME = 21,4 A.m	Queda de Tensão:	0,39%
Quarto trecho:	ME = 11,1 A.m	Queda de Tensão:	0,20%
Quinto trecho:	ME = 9,7 A.m	Queda de Tensão:	0,18%
Sexto trecho:	ME = 17,6 A.m	Queda de Tensão:	0,32%
Sétimo trecho:	ME = 5,5 A.m	Queda de Tensão:	0,10%
Oitavo trecho:	ME = 2,8 A.m	Queda de Tensão:	0,05%

Como foi visto, usando o condutor de 1,5 mm², a queda de tensão é de 2,3%. Neste caso, a solução é usar um condutor de maior seção em alguns dos primeiros trechos deste Circuito 1.

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm² é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77). Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm².

Usando o condutor de 2,5 mm² no primeiro trecho (do QDC até a Sala de Jantar), a queda de tensão percentual neste trecho será:

182 A.m 2%
32,1 A.m z

$$z = \frac{32{,}1 \times 2}{182} = \mathbf{0{,}35\%}$$

A queda de tensão percentual total, passará a ser:
0,35% + 0,49% + 0,39% + 0,20% + 0,18% + 0,32% + 0,10% + 0,05% =
2,08% valor ainda acima do estabelecido de 2%.

Usando também o condutor de 2,5 mm² no segundo trecho (da Sala de Jantar até o Quarto 1), a queda de tensão percentual neste trecho será:

182 A.m 2%
27 A.m z

$$z = \frac{27 \times 2}{182} = \mathbf{0{,}30\%}$$

A queda de tensão percentual total, então passará a ser:
0,35% + 0,30% + 0,39% + 0,20% + 0,18% + 0,32% + 0,10% + 0,05% =
1,89% valor que está abaixo do estabelecido de 2%.

Portanto, deverá ser usado o condutor de 2,5 mm² no primeiro e segundo trechos (do QDC até ao Quarto 1). Nos demais trechos e todos os fios de Retorno dos Interruptores do Circuito 1, o condutor usado será o de seção de 1,5 mm² .

IMPORTANTE: Quando em um mesmo circuito elétrico, a bitola do condutor for diferente em algum trecho, o condutor deverá ter uma maior seção (mm²) a partir do primeiro trecho em direção aos demais.

Para os demais Circuitos, o processo de cálculo é semelhante ao do Circuito 1. Será apresentado somente os desenhos esquemáticos, com os valores calculados.

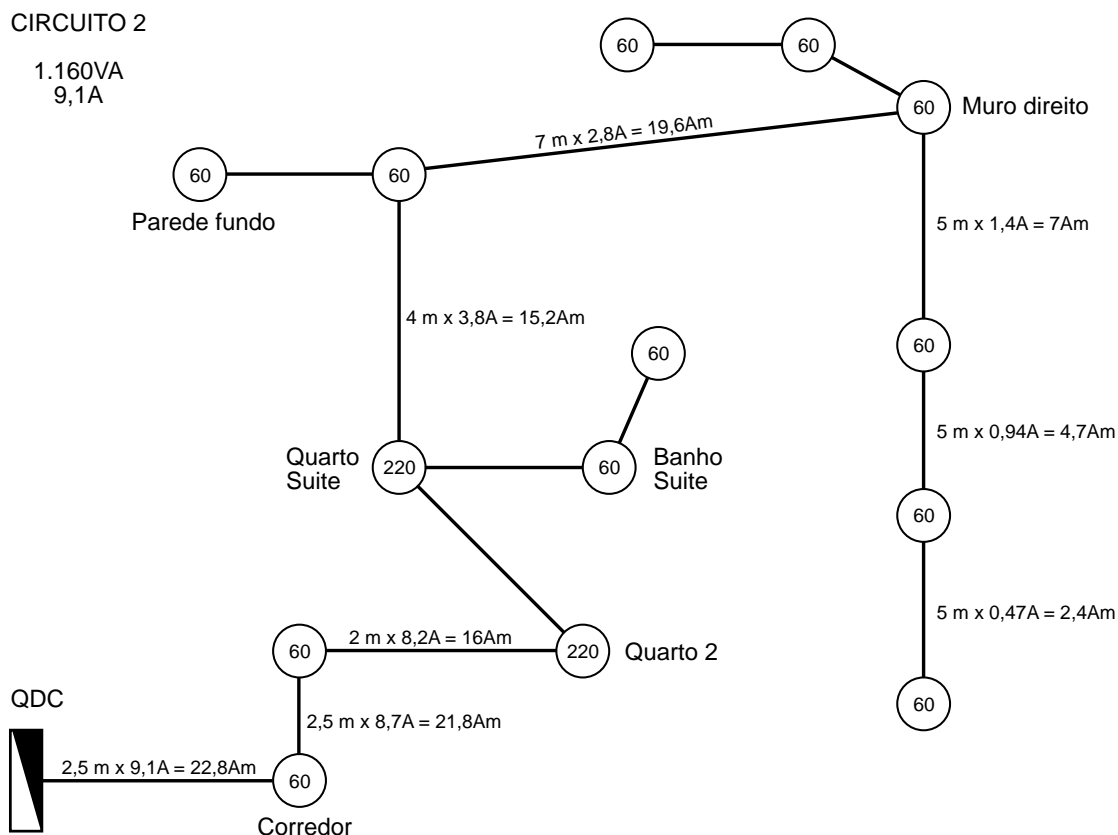
Circuito 2: Iluminação – 1.160 VA – 9,1 A

Note que esse Circuito 2 é bastante comprido, pois vai até ao Muro do Fundo.
O Momento Elétrico total:

$$ME_{total} = 22{,}8 + 21{,}8 + 16 + 26 + 15{,}2 + 19{,}6 + 7 + 4{,}7 + 2{,}4 = \mathbf{135{,}5\ A.m}$$

Usando o condutor de 2,5 mm^2 do primeiro ao quarto trecho (inclusive), e de 1,5 mm^2 nos demais trechos e nos fios de Retorno dos interruptores, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,25%
Segundo trecho:	0,24%
Terceiro trecho:	0,18%
Quarto trecho:	0,29%
Quinto trecho:	0,28%
Sexto trecho:	0,36%
Sétimo trecho:	0,13%
Oitavo trecho:	0,09%
Nono trecho:	0,04%
Queda Tensão Total:	**1,86%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 2:

Circuito 3: Iluminação – 1.000 VA – 7,9 A

Note que esse Circuito 3 é também bastante comprido, pois vai até ao Muro Lado Direito e a Área da Churrasqueira.

O Momento Elétrico total:

$$\mathbf{ME_{total}} = 27{,}7 + 39 + 14{,}5 + 12{,}4 + 10{,}8 + 14{,}3 + 2{,}5 = \mathbf{121{,}2\ A.m}$$

Usando o condutor de 2,5 mm^2 no primeiro e segundo trechos (inclusive) e de 1,5 mm^2 nos demais trechos e nos fios de Retorno dos interruptores, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,30%
Segundo trecho:	0,43%
Terceiro trecho:	0,26%
Quarto trecho:	0,23%
Quinto trecho:	0,20%
Sexto trecho:	0,26%
Sétimo trecho:	0,05%
Queda Tensão Total:	**1,73%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 3:

CIRCUITO 3

1.000VA
7,9A

6,5 m x 2,2A = 14,3Am

140

2,30 m x 1,1A = 2,5Am

140

Churrasqueira

60

100

Depósito

4 m x 2,7A = 10,8Am

2,5 m x 0,79A = 1,98Am

60

160

Área de serviço

4 m x 3,1A = 12,4Am

60

3,5 m x 2,0A = 7Am

4 m x 3,6A = 14,5Am

Cozinha

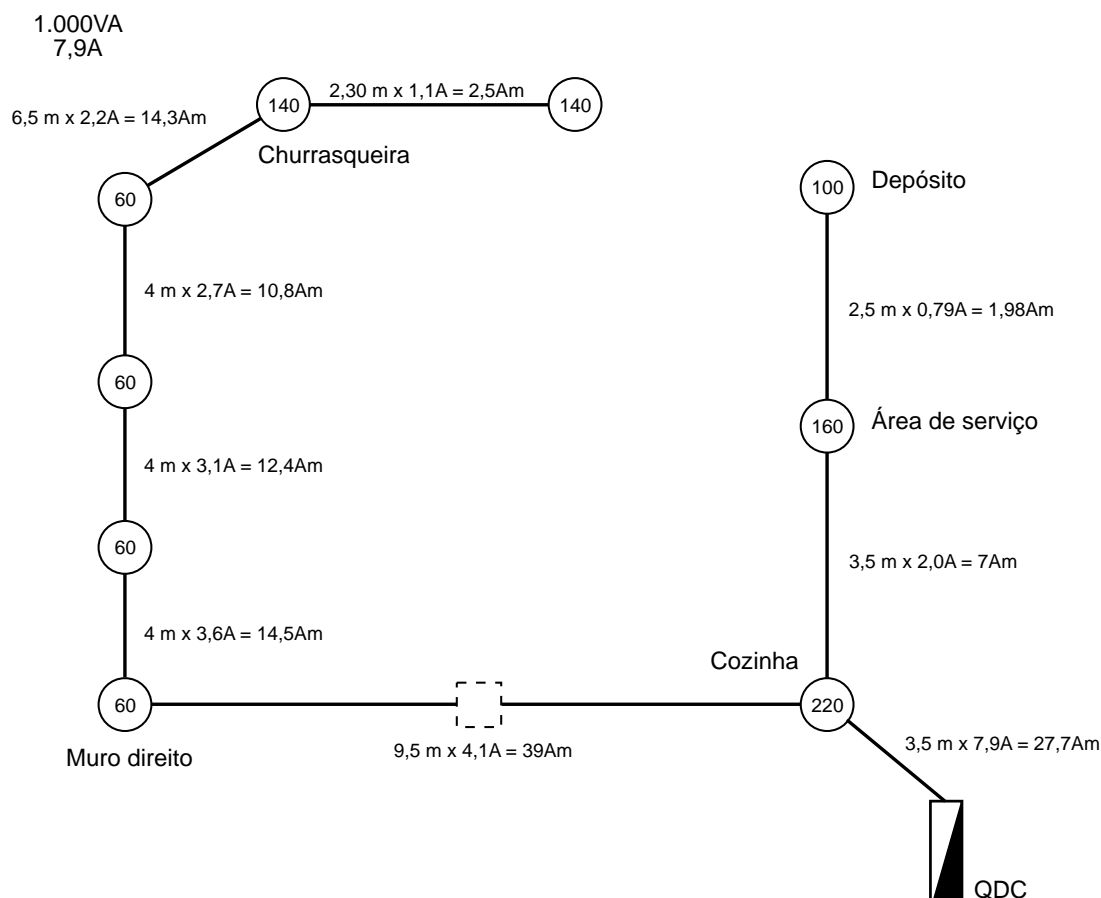
60

220

Muro direito

9,5 m x 4,1A = 39Am

3,5 m x 7,9A = 27,7Am

QDC

Circuito 4: Tomadas de Uso Geral – 1.900 VA – 15 A

Como o Circuito é de Tomadas de Uso Geral, a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm² (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm² é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm².

Esse Circuito 4 tem uma característica, sendo que a partir do Quarto 1, ele desmembra para a Sala de Estar e Quarto 2, com valores de cargas semelhantes. Neste caso, calcularemos os Momentos Elétricos nos dois sentidos e escolhemos o que apresentar o maior valor do ME_{total}, para dimensionar a bitola do condutor.

a) Sentido do Quarto 2:

$\mathbf{ME_{total}}$ = 78 + 15,7 + 15,7 + 7,1 = **116,5 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm² em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

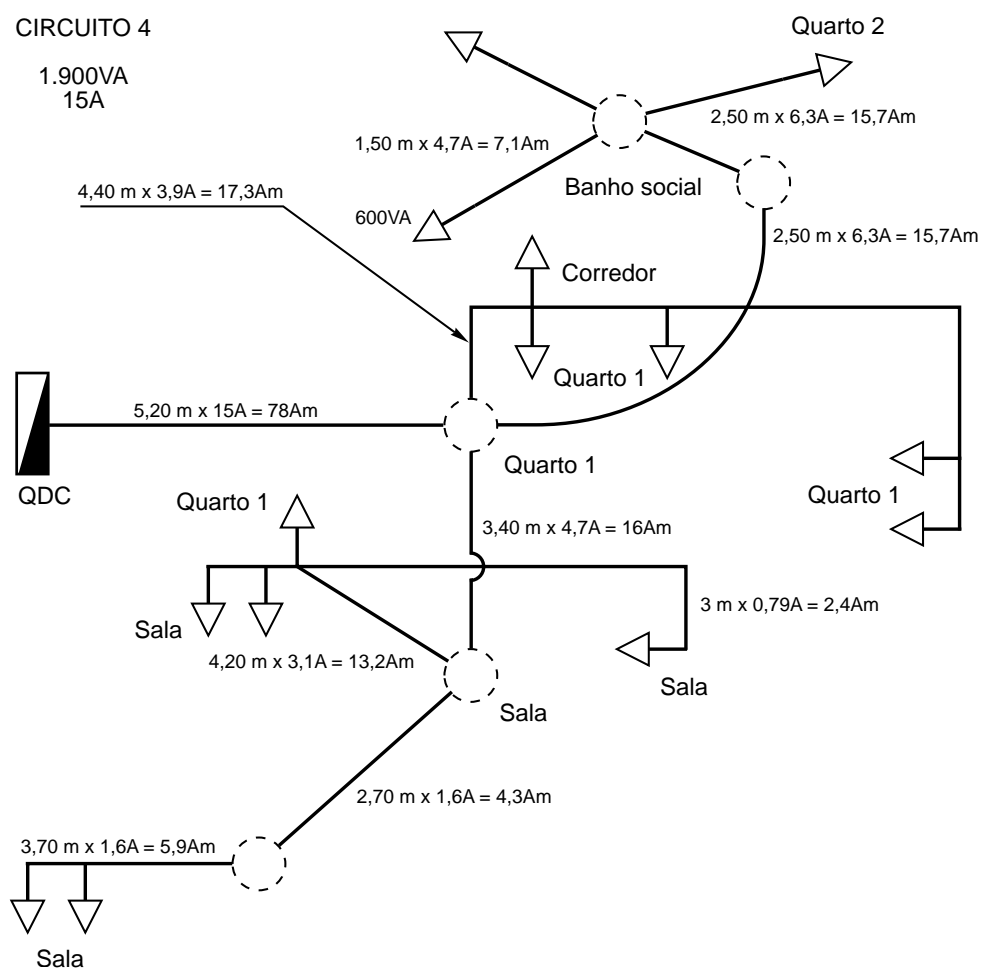
Primeiro trecho: 0,86%
Segundo trecho: 0,17%
Terceiro trecho: 0,17%
Quarto trecho: 0,08%
Queda Tensão Total: 1,28%

b) Sentido do Sala de Estar:

$\mathbf{ME_{total}}$ = 78 + 16 + 13,2 + 2,4 = **109,6 A.m**

O MEtotal é maior em a). Usando o condutor de 2,5 mm² em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho: 0,86%
Segundo trecho: 0,18%
Terceiro trecho: 0,15%
Quarto trecho: 0,03%
Queda Tensão Total: 1,22%

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 4:

Circuito 5: Tomadas de Uso Geral – 2.000 VA – 15,7 A

O Circuito 5 é de Tomadas de Uso Geral, a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm² (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm² é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

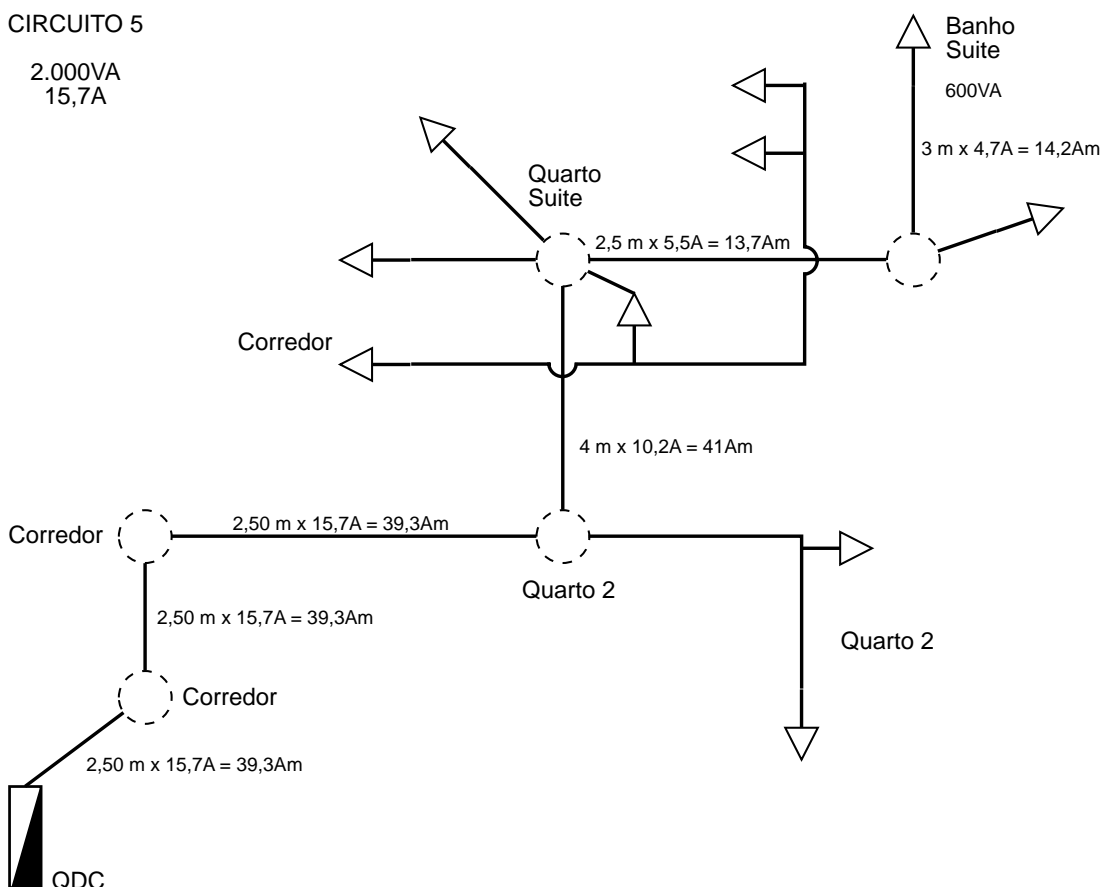
Pela Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm².

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 39,3 + 39,3 + 39,3 + 41 + 13,7 + 14,2 = **186,8 A.m**

Usando o condutor de 4 mm² (Momento Elétrico é 282 A.m) somente no primeiro trecho, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,27%
Segundo trecho:	0,43%
Terceiro trecho:	0,43%
Quarto trecho:	0,45%
Quinto trecho:	0,15%
Sexto trecho:	0,16%
Queda Tensão Total:	**1,89%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 5:

Circuito 6: Tomadas de Uso Geral - 1.300 VA – 10,2 A

O Circuito 6 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm^2 é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

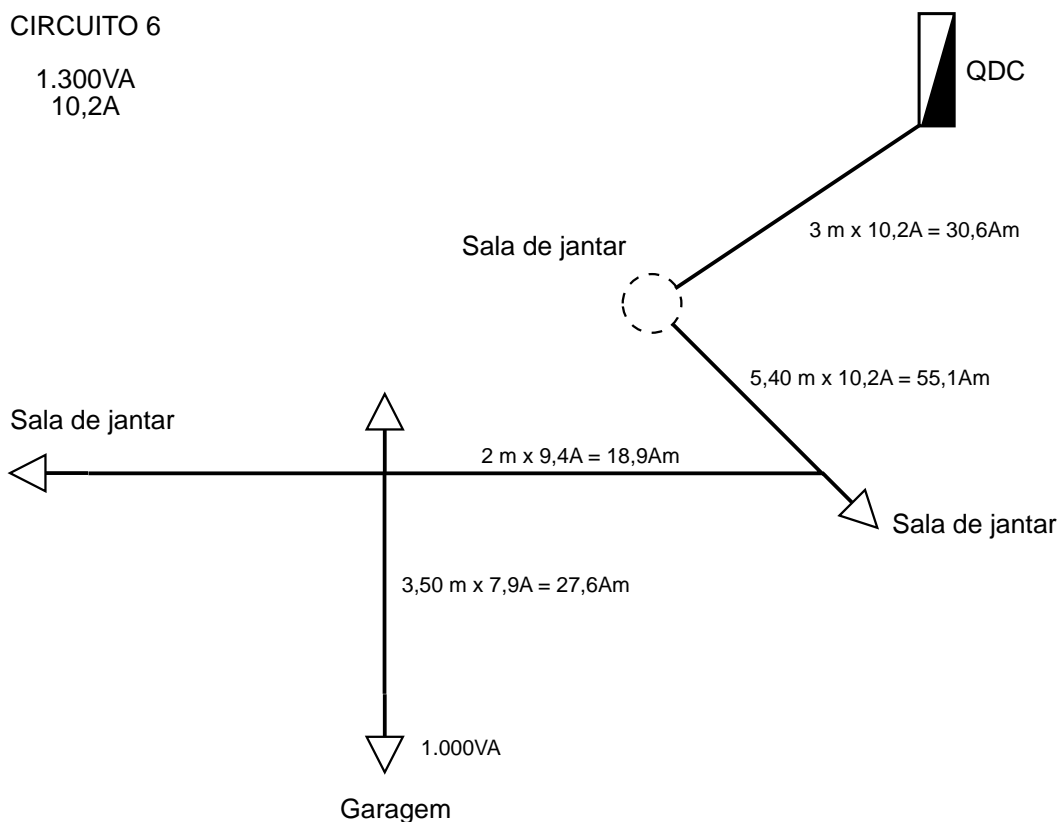
Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm^2.

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 30,6 + 55,1 + 18,9 + 27,6 = **132,2 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm2 em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,34%
Segundo trecho:	0,61%
Terceiro trecho:	0,21%
Quarto trecho:	0,30%
Queda Tensão Total:	**1,46%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 6:

Circuito 7: Tomadas de Uso Geral - 1.200 VA – 9,5 A

O Circuito 7 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm^2 é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

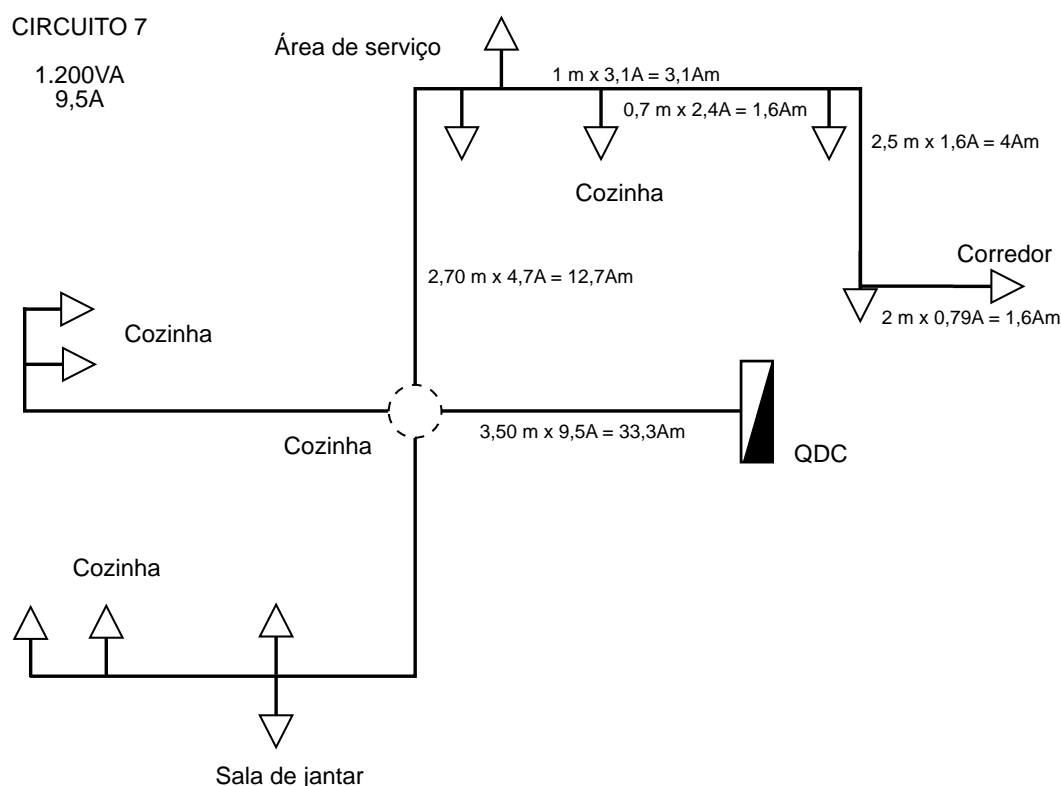
Pela Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm^2.

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 33,3 + 12,7 + 3,1 + 1,6 + 4 + 1,6 = **56,3 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm^2 em todos os trechos, a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,37%
Segundo trecho:	0,14%
Terceiro trecho:	0,03%
Quarto trecho:	0,02%
Quinto trecho:	0,04%
Sexto trecho:	0,02%
Queda Tensão Total:	**0,62%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 7:

Circuito 8: Tomadas de Uso Geral – 1.200 VA – 9,5 A

Note que esse Circuito 8 é bastante comprido, pois vai até a Área da Churrasqueira.

O Circuito 8 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm² (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm² é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

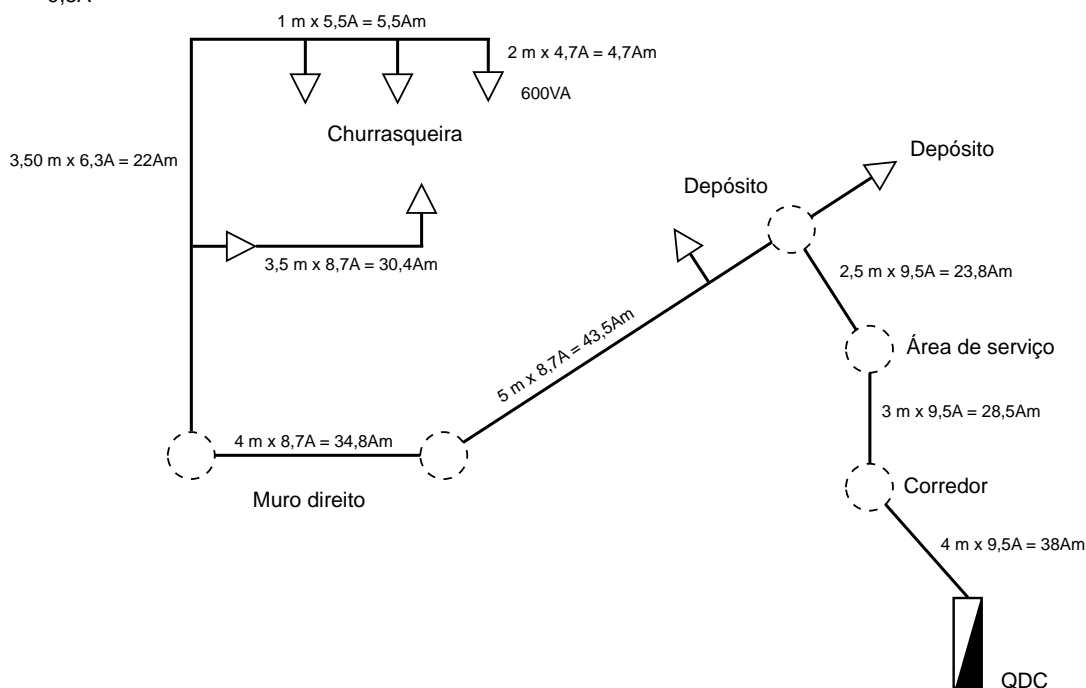
Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm².

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 38 + 28,5 + 23,8 + 35,2 + 43,5 + 34,8 + 30,4 + 22 + 5,5 + 4,7 = **266,4 A.m**

Usando o condutor de 4 mm² (Momento Elétrico é de 282 A.M) do primeiro ao sétimo trecho (inclusive), tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,26%
Segundo trecho:	0,20%
Terceiro trecho:	0,16%
Quarto trecho:	0,24%
Quinto trecho:	0,30%
Sexto trecho:	0,24%
Sétimo trecho:	0,21%
Oitavo trecho:	0,24%
Nono trecho:	0,06%
Décimo trecho:	0,05%
Queda Tensão Total:	**1,96%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 8:

Circuito 9: Tomadas de Uso Geral – 1.800 VA – 14,2 A

O Circuito 9 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm² (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm² é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

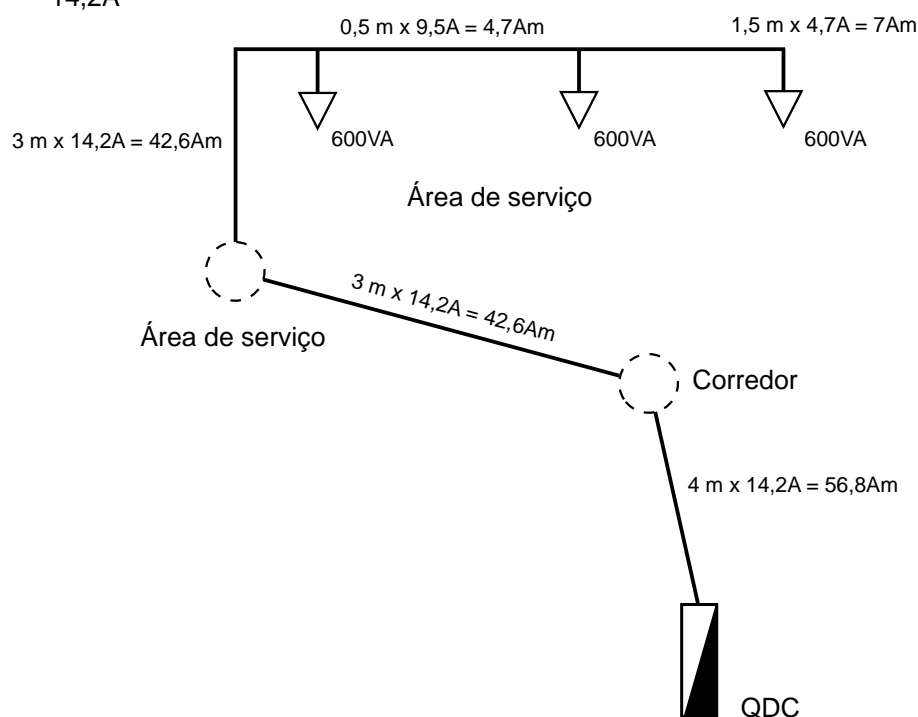
Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm².

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 56,8 + 42,6 + 42,6 + 9,5 + 7 = **158,5 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm² em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,62%
Segundo trecho:	0,47%
Terceiro trecho:	0,47%
Quarto trecho:	0,10%
Quinto trecho:	0,08%
Queda Tensão Total:	**1,74%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 9:

Circuito 10: Tomadas de Uso Geral – 1.800 VA – 14,2 A

O Circuito 10 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm^2 é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

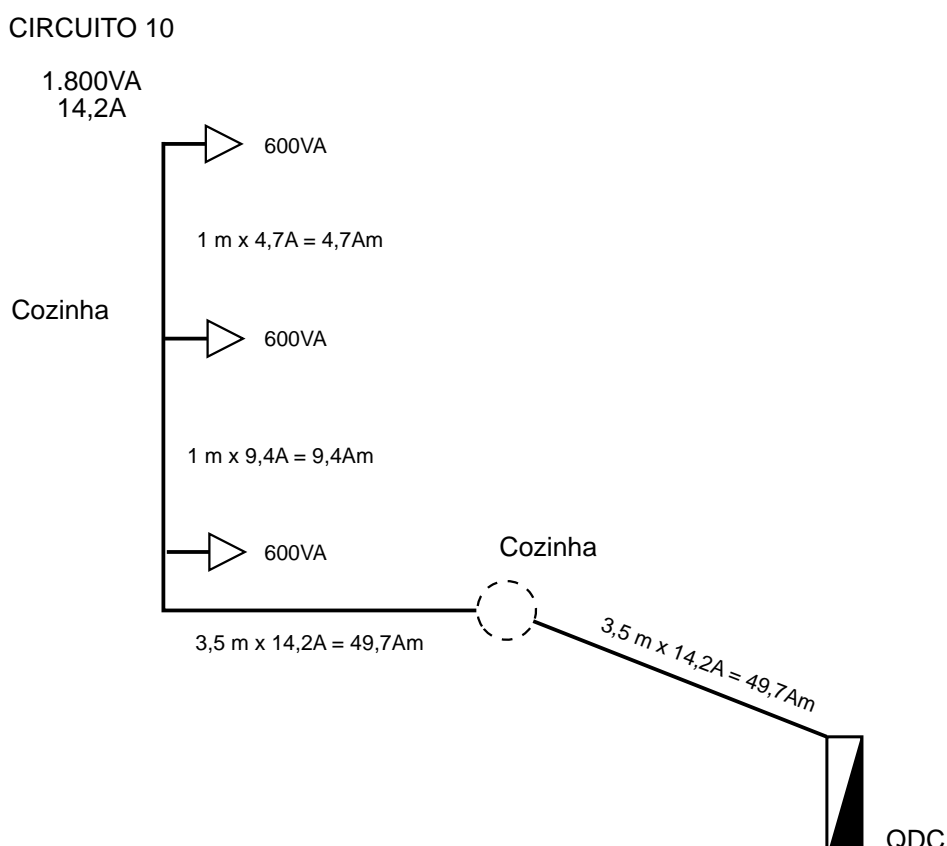
Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm^2.

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 49,7 + 49,7 + 9,4 + 4,7 = **113,5 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm^2 em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,55%
Segundo trecho:	0,55%
Terceiro trecho:	0,10%
Quarto trecho:	0,05%
Queda Tensão Total:	**1,25%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 10:

Circuito 11: Tomadas de Uso Geral – 1.100 VA – 8,7 A

O Circuito 11 é de Tomadas de Uso Geral e a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67).

O Momento Elétrico do condutor de 2,5 mm^2 é de 182 A.m (Tabela 3.6 página 77).

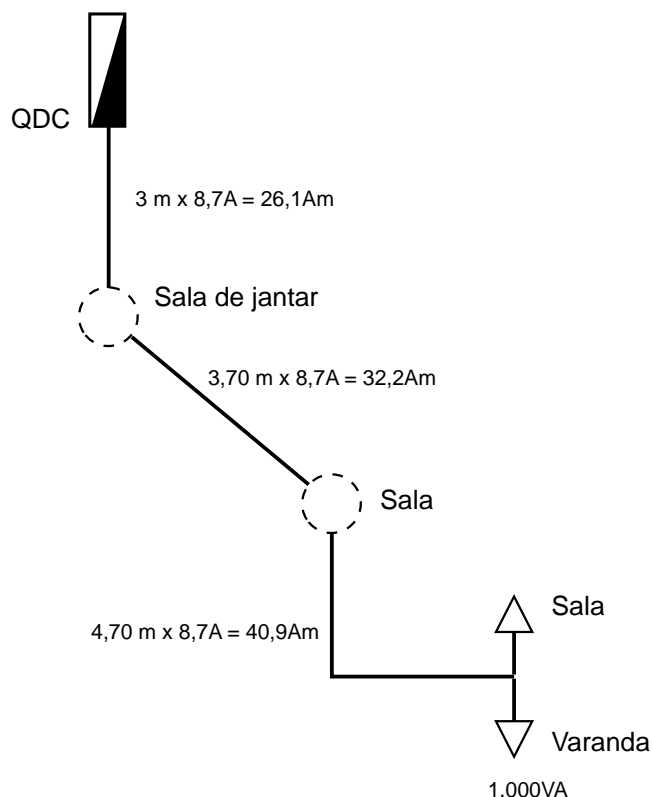
Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 2 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 24 A para esse condutor de 2,5 mm^2.

O Momento Elétrico total:

ME_{total} = 26,1 + 32,2 + 40,9 = **99,2 A.m**

Usando o condutor de 2,5 mm^2 em todos os trechos, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

Primeiro trecho:	0,29%
Segundo trecho:	0,35%
Terceiro trecho:	0,45%
Queda Tensão Total:	**1,09%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 11:

Circuito 12: Tomadas de Uso Específico (Chuveiro Elétrico) – 4.400 VA – 220 V - 20 A

O Circuito 12 é de Tomadas de Uso Específico - Chuveiro Elétrico do Banho Social, sendo a seção mínima recomendada do condutor é de 2,5 mm² (ver subitem 3.3.1 página 67). A tensão é de 220 Volts.

Pela Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” – 3 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 21 A para esse condutor de 2,5 mm².

O condutor de 2,5 mm² suporta o funcionamento de um chuveiro elétrico de potência de 4.400 VA. Mas, se for utilizado o condutor de 2,5 mm² para este chuveiro de 4.400 VA, verifica-se que o Circuito 12 terá um condutor muito próximo de sua capacidade máxima de condução de corrente elétrica, que é de 21 A. Se o proprietário desejar utilizar um chuveiro se maior potência elétrica, os condutores de 2,5 mm² não suportarão o chuveiro. Nestes casos é recomendado (mas não exigido), utilizar o condutor de 4 mm².

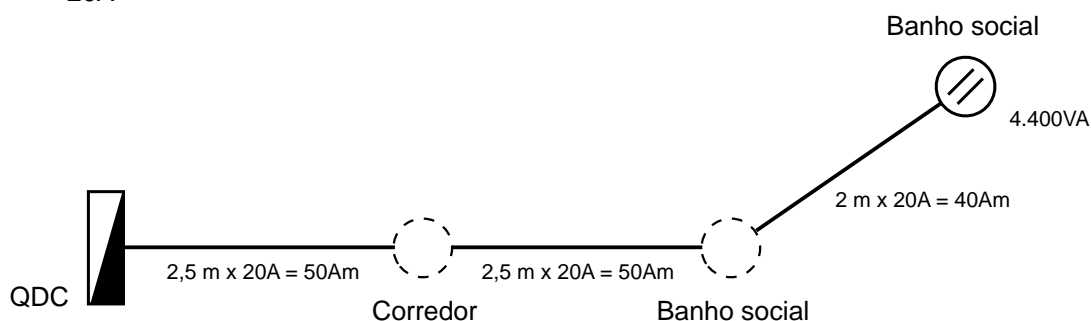
Pela Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” – 3 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida para esse condutor de 4 mm² é 28 A.

O Momento Elétrico total:

$\mathbf{ME_{total}}$ = 7 m x 20 A = **140 A.m**

Usando o condutor de 4 mm², em todo o Circuito 12, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

No trecho:	0,57%
Queda Tensão Total:	**0,57%**

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 12:

Circuito 13: Tomadas de Uso Específico (Chuveiro Elétrico) – 4.400 VA – 220 V - 20 A

O Circuito 13 é de Tomadas de Uso Específico - Chuveiro Elétrico do Banho da Suíte, sendo a seção mínima recomendada do condutor, é de 2,5 mm^2 (ver subitem 3.3.1 página 67). A tensão é de 220 Volts.

Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 3 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida é 21 A para esse condutor de 2,5 mm^2.

A situação é semelhante do Circuito 12:

O condutor de 2,5 mm^2 suporta o funcionamento de um chuveiro elétrico de potência de 4.400 VA. Mas, se for utilizado o condutor de 2,5 mm^2 para este chuveiro de 4.400 VA, verifica-se que o Circuito 13 terá um condutor muito próximo de sua capacidade máxima de condução de corrente elétrica, que é de 21 A. Se o proprietário desejar utilizar um chuveiro se maior potência elétrica, os condutores de 2,5 mm^2 não suportarão o chuveiro. Nestes casos é recomendado (mas não exigido), utilizar o condutor de 4 mm^2.

Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 3 Condutores Carregados, página 70, a corrente máxima admitida para esse condutor de 4 mm^2 é 28 A.

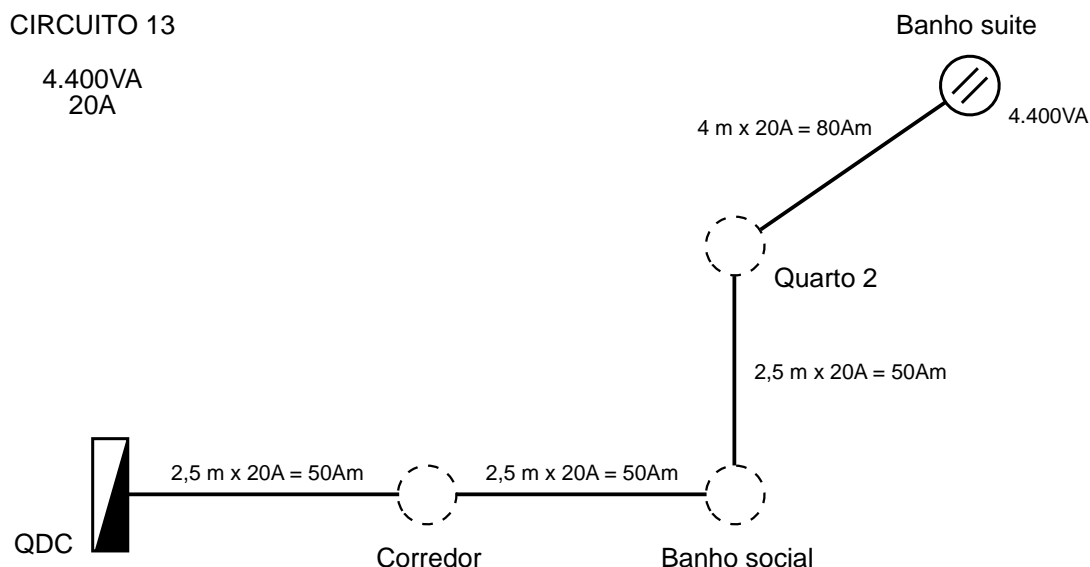
O Momento Elétrico total:

$\mathbf{ME_{total}}$ = 11,5 m x 20 A = **230 A.m**

Usando o condutor de 4 mm^2, em todo o Circuito 13, tem-se a seguinte queda de tensão percentual:

No trecho: 0,94%

Queda Tensão Total: 0,94%

A seguir será apresentado um desenho esquemático, com os valores calculados para o Circuito 13:

Condutores que vão do ramal do medidor ao QDC – Carga 24.620 VA – 220 V – 64,6 A:

A distância entre o Medidor de Energia Elétrica ("Padrão de Entrada") e o QDC é de 17 m.

O Momento Elétrico total:

$\mathbf{ME_{total}}$ = 17 m x 64,6 A = **1.098 A.m**

Pela Tabela 3.3 "Capacidade de Condução de Corrente" – 3 Condutores Carregados, página 70, o condutor de 25 mm² admite uma corrente máxima de 89 A, portanto acima da calculada que é de 64,6 A.

Consultando a Tabela 3.6 página 77 de "Eletroduto de Material não Magnético", coluna referente a circuitos trifásicos, 220 V e 1%, o condutor de 25 mm² tem o Momento Elétrico (ME) de 1.457 A.m, que é superior ao calculado de 1.098 A.m.

Usando condutores de 25 mm² nesse ramal, a queda de tensão percentual será:

ME do condutor 25 mm² é 1.457 A.m U% = 1%

ME calculado é 1.098 A.m U1% = ?

$$U1\% = \frac{1.098 \times 1}{1.457} = \mathbf{0{,}75\%}$$

5.3.6 – Equilíbrio das Fases do Circuito Elétrico

Os valores das cargas ou das correntes elétricas em cada Fase dos circuitos elétricos de uma instalação elétrica, devem ser aproximadamente iguais. Isto é denominado "Equilíbrio de Fases". Como é difícil, ter valores iguais, a diferença recomendável entre esses valores é no máximo de 5 % (cinco por cento).

A partir dos dados do Projeto Elétrico, a Tabela 5.2 a seguir, mostra as cargas dos circuitos que serão ligadas nas Fases A, B ou C, onde foi feito o "Equilíbrio de Fases".

CIRCUITOS (NÚMEROS)	**FASE (Potência – VA)**			**CORRENTE (A)** DOS CIRCUITOS
	A	B	C	
1		1.360		10,7
2			1.160	9,1
3	1.000			7,9
4			1.900	15
5	2.000			15,7
6		1.300		10,2
7		1.200		9,5
8	1.200			9,5
9			1.800	14,2
10	1.800			14,2
11			1.100	8,7
12	2.200	2.200		20
13		2.200	2.200	20
SUBTOTAL	**8.200 VA**	**8.260 VA**	**8.160 VA**	
CARGA TOTAL				**24.620 VA**
CORRENTE POR FASE	**64,6 A**	**65 A**	**64,2 A**	
CORRENTE MÉDIA				**64,6 A**

Tabela 5.2

Fase A: 8.200 VA, Circuitos Números 3, 5, 8, 10 e 12
Fase B: 8.260 VA, Circuitos Números 1, 6, 7, 12 e 13
Fase C: 8.160 VA, Circuitos Números 2, 4, 9, 11 e 13

Analisando os valores da Tabela 5.2, nota-se que a Fase B está mais carregada com 8.260 VA, sendo a corrente de 65 A. Em seguida a Fase A com 8.200 VA e a corrente de 64,6 A. A menor carga está na Fase C com 8.160 VA, sendo a corrente de 64,2 A.

A valor percentual entre as correntes das Fases A, B, e C:
Fase B para Fase A = (65 / 64,6) x 100% = 0,6 %
Fase B para Fase C = (65 / 64,2) x 100% = 1,2 %
Fase A para Fase C = (64,6 / 64,2) x 100% = 0,6 %

Como esses valores são menores do que 5 % (cinco por cento), as Fases dos circuitos serão consideradas “equilibradas”.

5.3.7 – Dimensionamento da Proteção

A Proteção da instalação elétrica, deve ser feita de acordo com os procedimentos estabelecidos no Capítulo 4 página 86.

Para Proteção dos circuitos de instalação elétrica da residência, serão utilizados Disjuntores Termomagnéticos, Dispositivos Diferenciais Residuais, Dispositivos para Proteção contra Sobretensões, Dispositivos contra Queda e Falta de Tensão.

Dependendo do circuito elétrico, deve ser utilizado o Disjuntor ou Dispositivos Diferenciais Residuais.

5.3.7.1 – Dimensionamento dos Disjuntores Termomagnéticos

O dimensionamento dos disjuntores será feito de acordo com a Tabela 4.6 do subitem 4.6.2.1 página 109. A temperatura no QDC será considerada de 40 °C. Em ambientes mais quentes, deverá ser considerada a temperatura de 50 °C.

Deve-se ressaltar que a função do disjuntor, neste caso, é proteger a instalação, e não as cargas instaladas. Assim a corrente do mesmo, nunca poderá ser superior à corrente máxima admissível para o condutor do circuito elétrico.

Circuito 1 - Iluminação
Carga: 1.360 VA - Corrente: 10,7 A

Pela Tabela 4.6, o Disjuntor recomendado para essa corrente de 10,7 A e a temperatura de 40 °C é: **Disjuntor Unipolar de 15 A.**

Circuito 2 - Iluminação
Carga: 1.160 VA - Corrente: 9,1 A

Pela Tabela 4.6, o Disjuntor recomendado para essa corrente de 9,1 A e a temperatura de 40 °C é: **Disjuntor Unipolar de 15 A.**

Circuito 3 - Iluminação
Carga: 1.000 VA - Corrente: 7,9 A

Pela Tabela 4.6, o Disjuntor recomendado para essa corrente de 7,9 A e a temperatura de 40 °C é: **Disjuntor Unipolar de 10 A.**

Disjuntor Geral
Carga Total da Instalação Elétrica 24.620 VA
Corrente Média: 64,6 A

Para dimensionar o Disjuntor Geral, tem-se que conhecer a corrente elétrica em cada Fase (ver subitem 5.3.6 página 165):

Fase A: 8.200 VA – Corrente: 64,6 A
Fase B: 8.260 VA – Corrente: 65 A
Fase C: 8.160 VA – Corrente: 64,2 A

O Disjuntor Geral Trifásico, deverá ser dimensionado em função do maior valor da corrente de uma das Fases, após ser feito o "Equilíbrio de Fases" subitem 5.3.6 página 165. Verifica-se que o maior valor da corrente, é o da Fase B, com 65 A. Na Fase A 64,6 A e Fase C 64,2 A, sendo que esse circuito será considerado "equilibrado". Se houvesse uma grande diferença entre os valores das correntes nas 3 Fases, o Disjuntor Geral como é dimensionado em função da maior corrente elétrica, poderia não proteger os circuitos da Fase da menor corrente. Daí a importância do "Equilíbrio de Fases" (ver subitem 5.3.6 página 165).

Pela Tabela 4.6 página 110, o Disjuntor recomendado é: Disjuntor Trifásico Multipolar de 70 A.

5.3.7.2 – Dimensionamento dos Dispositivos Diferencial Residual

A Norma vigente, a NBR 5410/97, da ABNT determina que devem ser utilizados os Dispositivos Diferencial Residual (DR) (ver subitem 4.6.3 página 111) nos seguintes circuitos elétricos:

- Circuitos que sirvam a pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- Circuitos de tomadas de corrente situadas em cozinhas, copa-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, em geral, em todo local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens.

Pode-se utilizar o Disjuntor Diferencial Residual (DDR) ou um Interruptor Diferencial (IR) associado a um Disjuntor Termomagnético (ver subitem 4.6.2 página 107) para complementar a proteção do circuito.

Será feita a opção de proteger os circuitos individualmente, com o objetivo de proporcionar mais segurança e conforto, utilizando o Disjuntor Diferencial Residual (DDR).

Os circuitos números 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 deverão ter individualmente o Disjuntor Diferencial Residual (DDR), para a proteção contra sobrecarga/curto-circuito e choques elétricos.

O dimensionamento dos DDR a seguir, será feito de acordo com a Tabela 4.7 página 116.

Circuito 4 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.900 VA - Corrente: 15 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 15 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 5 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 2.000 VA - Corrente: 15,7 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 15,7 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 6 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.300 VA - Corrente: 10,2 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 10,2 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 7 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.200 VA - Corrente: 9,5 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 9,5 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 8 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.200 VA - Corrente: 9,5 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 9,5 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 9 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.800 VA - Corrente: 14,2 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 14,2 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 10 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.800 VA - Corrente: 14,2 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 14,2 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 11 – Tomadas de Uso Geral
Carga: 1.100 VA - Corrente: 8,7 A

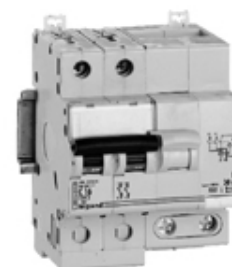
Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 8,7 A, é o **DDR de 16 A.**

Circuito 12 – Tomadas de Uso Específico – Chuveiro Elétrico (220V)
Carga: 4.400 VA - Corrente: 20 A

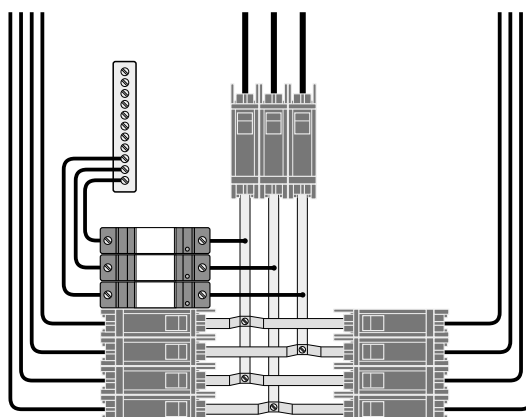
Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 20 A, é o **DDR de 20 A.**

Circuito 13 – Tomadas de Uso Específico – Chuveiro Elétrico (220V)
Carga: 4.400 VA - Corrente: 20 A

Pela Tabela 4.7, o Disjuntor Diferencial Residual recomendado para essa corrente de 20 A, é o **DDR de 20 A.**

IMPORTANTE: Existem DDR de diversas marcas, podendo ter valores de corrente nominal, diferentes da tabela utilizada. Ao adquirir o DDR, verifique a tabela do fabricante, para dimensionar **corretamente** esse Dispositivo para o circuito elétrico que se deseja proteger.

5.3.7.3 – Dimensionamento da Proteção Contra Sobretensões Transitórias

Deverão ser instalados no QDC os dispositivos de proteção contra sobretensões (ver subitem 4.6.4 página 117), com o objetivo de suprimir os surtos das sobretensões transitórias, protegendo os equipamentos elétricos.

Esses dispositivos com tensão contínua/nominal de 175 V, deverão ser instalados um para cada Fase, ligados entre a Fase e o Condutor de Proteção (PE) e antes dos DDR.

5.3.7.4 – Proteção Contra Falta de Fase e Sub/Sobretensão

Como foi visto no subitem 4.6.5 página 118, a Norma NBR 5410/97 recomenda que os fenômenos de: falta de Fase e/ou sub/sobretensões ocorrerem e que possam colocar em riscos a instalação/equipamentos elétricos e as pessoas, devem ser instalados os dispositivos adequados para essas Proteções.

Essa Proteção pode ser feita com um Contator, associado a um relé de sub/sobretensão e um relé de falta de fase.

É importante definir a abrangência dessa Proteção:

1) Protegerá toda a instalação elétrica interna:
Neste caso, quando a Proteção atuar, toda a residência ficará ser energia elétrica.

2) Protegerá parte(s) da instalação elétrica:
- todos os circuitos de Tomadas de Uso Específico;
- todos os circuitos de Tomada de Uso Geral;

Nestes casos, os circuitos de iluminação poderão continuar funcionando.

3) Protegerá determinados circuitos com equipamentos elétricos especiais:
Os outros circuitos elétricos poderão continuar funcionando.

A escolha de como será instalada essa Proteção, deverá ser definida junto com o Proprietário, pois é ele é que sabe a importância do funcionamento de sua residência.

No Projeto Elétrico que está sendo elaborado, será feita a opção para utilizar a Proteção para desligar todos os circuitos elétricos, protegendo assim, toda a instalação da residência.

Essa Proteção deverá ser:
- Um Contator trifásico para 65 A;
- Um Relé trifásico contra falta de fase – 220 V;
- Um Relé trifásico de sub/sobretenção – 90 a 130 V, por fase.

Observação: Os valores de Corrente e Tensão desses dispositivos de proteção, poderão variar de fabricante para fabricante. Ao adquirir os dispositivos de proteção, eles deverão ser dimensionados, baseados nos valores de correntes calculados no Projeto Elétrico e dos existentes no comércio.

5.3.7.5 – Acondicionamento e Identificação dos Dispositivos de Proteção e de Segurança

Os dispositivos de Proteção, de Segurança e os condutores anteriormente dimensionados para esse Projeto Elétrico da residência, que deverão ser acondicionados em Quadros de Distribuição de Circuitos – QDC (ver subitem 2.8 página 62), são os seguintes:

- Disjuntor Geral Trifásico de 70 A;
- Contator Trifásico de 65 A;
- Relé Trifásico contra falta de Fase;
- Relé Trifásico de sub/sobretensão;
- 3 Dispositivos supressores de tensão transitórias;
- 1 Disjuntor Termomagnético monofásico de 10 A;
- 2 Disjuntores Termomagnéticos monofásicos de 15 A;
- 8 Disjuntores Diferencial Residual de 16 A;
- 2 Disjuntores Diferencial Residual de 20 A – 220 Volts.

Para instalação desses dispositivos, poderá ser requerido um Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC, muito grande. Neste caso, poderá ser mais viável, utilizar dois Quadros, sendo:

Quadro 1 – terá os seguintes dispositivos:
- Disjuntor Termomagnético Geral;
- Contator Trifásico com os relés de falta de fase e sub/sobretensão.

Quadro 2 - terá os seguintes dispositivos:
- Supressores de tensões transitórias (devem ser instalados antes do DDR – ver subitem 4.6.4 página 117;
- Disjuntores Termomagnéticos dos circuitos elétricos;
- Disjuntores Diferencial Residual dos circuitos elétricos.

O Quadro 2 acondicionará os dispositivos de Proteção e de Segurança dos 13 circuitos elétricos da residência.

De acordo com os procedimentos estabelecidos no subitem 2.8 página 62, esse QDC deverá ter também um espaço de reserva, para ter futuramente, no mínimo mais 4 circuitos elétricos.

Os dispositivos instalados no interior do QDC, devem ser identificados quanto a sua função de forma clara e precisa. Isto possibilita as pessoas entenderem com facilidade e sem risco de confusão, estes dispositivos com suas respectivas funções.

O Quadro 1, os dispositivos deverão ser numerados e na porta do QDC, do lado externo, de preferência, deverá ter a descrição e a função de cada dispositivo.

Exemplo: Disjuntor Geral. Será identificado com o número 1. Então, deverá ser colocado este número 1 no Disjuntor. Em um papel, que ficará colocado na porta do QDC, deverá ter a seguinte identificação:

1 – Disjuntor Trifásico Geral – 70 A - 220 Volts, desliga/liga toda a instalação elétrica da residência.

Obviamente os demais dispositivos do Quadro 1, deverão ser identificados de maneira semelhante ao Disjuntor Geral.

O Quadro 2, os dispositivos também deverão ser numerados de acordo com os circuitos elétricos do Projeto e identificados quanto a sua função e a sua área de atuação na residência (liga/desliga).

Exemplo: Os Disjuntores Termomagnéticos e os Disjuntores Diferencial Residual deverão ser numerados. Os Circuitos 1 e 2, de Iluminação (ver subitem 5.3.7.1 página 166), protegidos cada um, por um Disjuntor Termomagnético de 15 A, deverá ser colocado o número 1 e o 2, respectivamente, no Disjuntor correspondente. Em um papel, que ficará colocado na porta do QDC, deverá ter a seguinte identificação:

1 – Disjuntor unipolar – 15 A, 127 Volts – Iluminação - liga/desliga a Iluminação de: Muro da Frente, Jardim, Varanda, Garagem, Sala de Estar, Quarto 1, Banho Social e Sala de Jantar;

2 – Disjuntor unipolar – 15 A, 127 Volts – Iluminação - liga/desliga a Iluminação de: Hall, Corredor, Quarto 2, Quarto Suíte, Banho Suíte, Parede Fundo da Casa, Muro do Lado Direito, Muro do Fundo.

Os demais circuitos, do 3 ao 13, deverão também ser numerados e identificados de maneira análoga, aos circuitos 1 e 2.

Os dispositivos de supressor de sobretensões transitórias, também deverão ser identificados. Como deveremos deixar um espaço de reserva no QDC, para 4 possíveis futuros circuitos, a "numeração" desses dispositivos, poderá ser feita por letra:

A – Supressor de Tensão da Fase A
B – Supressor de Tensão da Fase B
C – Supressor de Tensão da Fase C

IMPORTANTE: O Proprietário da residência, deverá ser instruído quanto a função e utilização de todos os Dispositivos dos Quadros.

Observação: Qualquer que seja o método utilizado para identificação dos dispositivos, deve garantir que não sejam retirados ou danificados, as identificações deles e que, em caso de alteração, a atualização seja feita com facilidade.

5.3.7.6 – Proteções Complementares

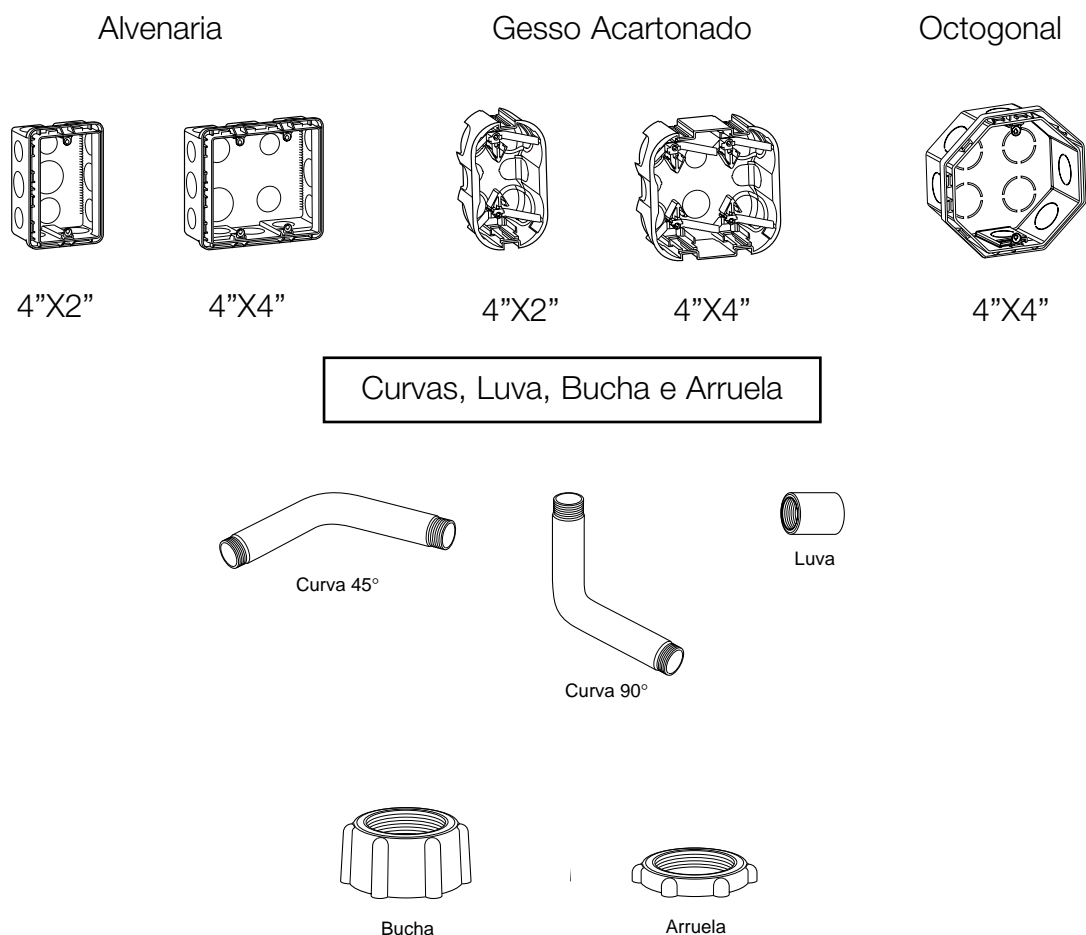
Após a conclusão de todas as obras da residência, é recomendável também, a instalação junto aos principais eletrodomésticos, tais como, computadores, televisão, equipamento de som, forno de microondas, etc, de protetores individuais contra sobretensões.

Existem distúrbios podem vir da: rede elétrica, da rede telefônica e de antenas de TV (parabólica e a cabo). Por isso, é recomendado usar dispositivos apropriados para proteger os equipamentos ligados a rede elétrica, bem como ligados a antenas de TV, tomadas de telefones, modem de computadores, etc. Ver subitem 4.6.4 página 117.

Recomenda-se instalar junto ao "Padrão de Entrada" para o fornecimento de energia elétrica, os pára-raios de baixa tensão.

5.3.8 – Dimensionamento dos Eletrodutos

Os eletrodutos são fabricados, normalmente, em varas de comprimento de 3 metros. A conexão entre duas peças deve ser feita através de luvas, de tal forma que seja assegurada a resistência mecânica do conduto.

Os eletrodutos são fixados nas caixas retangulares, quadradas, octogonal, etc, através de buchas e arruela. As curvas de 45° ou 90°, quando utilizadas, deverão ser fixadas aos eletrodutos, através de luvas.

O diâmetro externo mínimo do eletroduto utilizado em instalações elétricas internas, deverá ser de 16 mm.

A quantidade de condutores que podem ser enfiados em um eletroduto depende do tipo de condutor (diâmetro externo) e do diâmetro interno do eletroduto.

A Norma NBR 5410/97 estabelece que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

Esta providência deverá ser tomada com a finalidade de facilitar a enfiação, ou reenfiação nos casos de modificações dos condutores nos eletrodutos.

A expressão matemática a seguir, permite calcular o diâmetro do eletroduto a ser utilizado.

$$D = \sqrt{\frac{d^2 \times N}{K}}$$

Onde:
D: Diâmetro interno do eletroduto em mm;
N: Número de condutores;
d: Diâmetro externo do condutor;
K: Taxa máxima de ocupação.

O valor de K, é dado pela Tabela 5.3.

QUANTIDADE DE CABOS ISOLADOS	TAXA MÁXIMA DE OCUPAÇÃO (K)
1	0,53
2	0,31
3	0,40
4	0,40
Mais de 4	0,40

Tabela 5.3

A partir do cálculo do diâmetro do eletroduto, pela fórmula, deve-se consultar a Tabela 5.4 "Número Máximo de Condutores em Eletrodutos" página 175. Essa Tabela mostra como dimensionar o eletroduto, em função número de condutores de mesma seção (mm^2).

Exemplo 1: Dimensionar o diâmetro de um eletroduto capaz de conduzir 6 condutores de 10 mm^2 isolados em PVC, cujo diâmetro externo é 6,1 mm (Tabela do Anexo 5 página 215).

Como na Tabela 5.4 não tem uma coluna para 6 condutores de 10 mm^2 isolados em PVC, deve-se usar a fórmula a seguir.

$$D = \sqrt{\frac{d^2 \times N}{K}} = \sqrt{\frac{(6,1)^2 \times 6}{0,4}} = 23,6 \text{ mm}$$

Consultando uma Tabela 5.4 "Número Máximo de Condutores em Eletrodutos" página 175, verifica-se que não existe o eletroduto de 23,6 mm. Com isso, deverá ser utilizado o primeiro eletroduto de diâmetro superior a 23,6 mm encontrado na Tabela 5.4. No caso deste Exemplo1, o eletroduto é o de diâmetro de 25 mm.

Nesse Manual adotará tabelas práticas para dimensionar os eletrodutos, com o objetivo de facilitar o dimensionamento. Entretanto outros métodos existentes, podem ser utilizados.

Exemplo 2: Dimensionar o eletroduto para a colocação de 6 condutores de 4 mm^2.

Como a Tabela 5.4 tem a coluna para 6 condutores de 4 mm^2, deverá ser aplicação direta da Tabela 5.4. O eletroduto é de diâmetro de 20 mm. Usando a fórmula do Exemplo1, chega-se ao mesmo resultado.

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUTORES INSTALADOS EM ELETRODUTOS

CONDUTOR (mm^2)	ELETRODUTO - Ø Nominal (mm)									
	16	**20**	**25**	**31**	**41**	**47**	**59**	**75**	**88**	**100**
1,5	7	12	21	34	60	80	132	215	303	398
2,5	4	8	14	22	40	52	86	141	199	262
4	2	6	10	17	31	40	67	110	155	203
6	2	5	8	14	24	32	53	87	123	162
10	1	2	5	8	14	19	31	52	73	96
16	1	2	2	6	10	13	22	37	52	69
25	1	1	2	3	6	9	14	24	34	45
35	-	1	1	2	4	6	10	17	24	32
50	-	1	1	2	2	5	8	13	18	24
70	-	-	1	1	2	3	6	10	15	19
95	-	-	1	1	2	2	4	7	10	14

Tabela 5.4

Quando os condutores instalados no mesmo eletroduto, têm seções (mm^2) diferentes, deverá ser utilizada primeiramente, a Tabela 5.5 “Relação entre as Áreas dos Condutores”.

RELAÇÃO ENTRE ÁREAS DOS CONDUTORES (VALORES MÉDIOS)

CONDUTOR (mm^2)	CONDUTOR (mm^2)										
	1,5	**2,5**	**4**	**6**	**10**	**16**	**25**	**35**	**50**	**70**	**95**
	RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS										
1,5	1	1,52	1,96	2,45	4,13	5,76	8,80	12,25	16,0	20,25	28,44
2,5	0,66	1	1,29	1,61	2,72	3,79	5,79	8,05	10,52	13,31	18,70
4	0,51	0,78	1	1,25	2,11	2,94	4,49	6,25	8,16	10,33	14,51
6	0,41	0,62	0,80	1	1,68	2,35	3,59	4,99	6,52	8,25	11,59
10	0,24	0,37	0,47	0,59	1	1,39	2,13	2,96	3,87	4,90	6,88
16	0,17	0,26	0,34	0,43	0,72	1	1,53	2,13	2,78	3,52	4,94
25	0,11	0,17	0,22	0,28	0,47	0,65	1	1,39	1,82	2,30	3,23
35	0,08	0,12	0,16	0,20	0,34	0,47	0,72	1	1,31	1,65	2,32
50	0,06	0,10	0,12	0,15	0,26	0,36	0,55	0,77	1	1,27	1,78
70	0,05	0,08	0,10	0,12	0,20	0,28	0,43	0,60	0,79	1	1,40
95	0,04	0,05	0,07	0,09	0,15	0,20	0,31	0,43	0,56	0,71	1

Tabela 5.5

Esta Tabela 5.5 permite “transformar” as diferentes seções dos condutores em uma única seção (mm^2), para que se possa dimensionar o eletroduto a ser utilizado.

Exemplo 3: Dimensionar o eletroduto que deverá conter 3 cabos de seção 4 mm^2 e 5 cabos de seção 10 mm^2.

Para isto tem-se duas opções que conduzem ao mesmo resultado:

1ª opção: "Transformar" os cabos de seção 10 mm^2 em cabos de 4 mm^2.

Através da Tabela 5.5 "Relação entre as Áreas dos Condutores" deverá ser procurado a interseção entre o cabo de seção 10 mm^2 e o de 4 mm^2. O valor encontrado, é de **2,11.**

Multiplica-se o número de cabos de 10 mm^2 por 2,11 para achar o seu equivalente em 4 mm^2 = 5 x 2,11 = 10,55.

Total de cabos de 4 mm^2 = 10,55 + 3 = 13,55 cabos de 4 mm^2

A partir daí, com os condutores de mesma seção, basta consultar a Tabela 5.4 "Número Máximo de Condutores Instalados em Eletrodutos" (página 175). Para 14 cabos de 4 mm^2, o eletroduto recomendado é o de 31 mm.

2ª opção: transformar os cabos de bitola 4 mm^2 em cabos de 10 mm^2.

Pela Tabela 5.5 "Relação entre as Áreas dos Condutores", a interseção entre o cabo de 4 mm^2 e o de 10 mm^2, é 0,47.

Quantidade de cabos de 4 mm^2 equivalentes a cabos de 10 mm^2 =
3 x 0,47 = 1,41 cabos de 10 mm^2

Total de cabos de 10 mm^2 = 1,41 + 5 = 6,41 cabos de 10 mm^2

Pela Tabela 5.4 "Número Máximo de Condutores Instalados em Eletrodutos" (página 175), o eletroduto é também o de 31 mm.

O dimensionamento dos eletrodutos deste Projeto Elétrico deverão ser feitos de modo semelhante aos apresentados neste subitem, utilizando as 2 Tabelas práticas (5.4 e 5.5).

Os valores dos diâmetros dos eletrodutos, estão no próprio Projeto Elétrico (ver subitem 5.3.9 página 176).

5.3.9 - Apresentação do Projeto Elétrico

O Projeto Elétrico deverá ser apresentado em escala (ver subitem 5.3 página 125), contendo todos os dados necessários à sua correta execução:

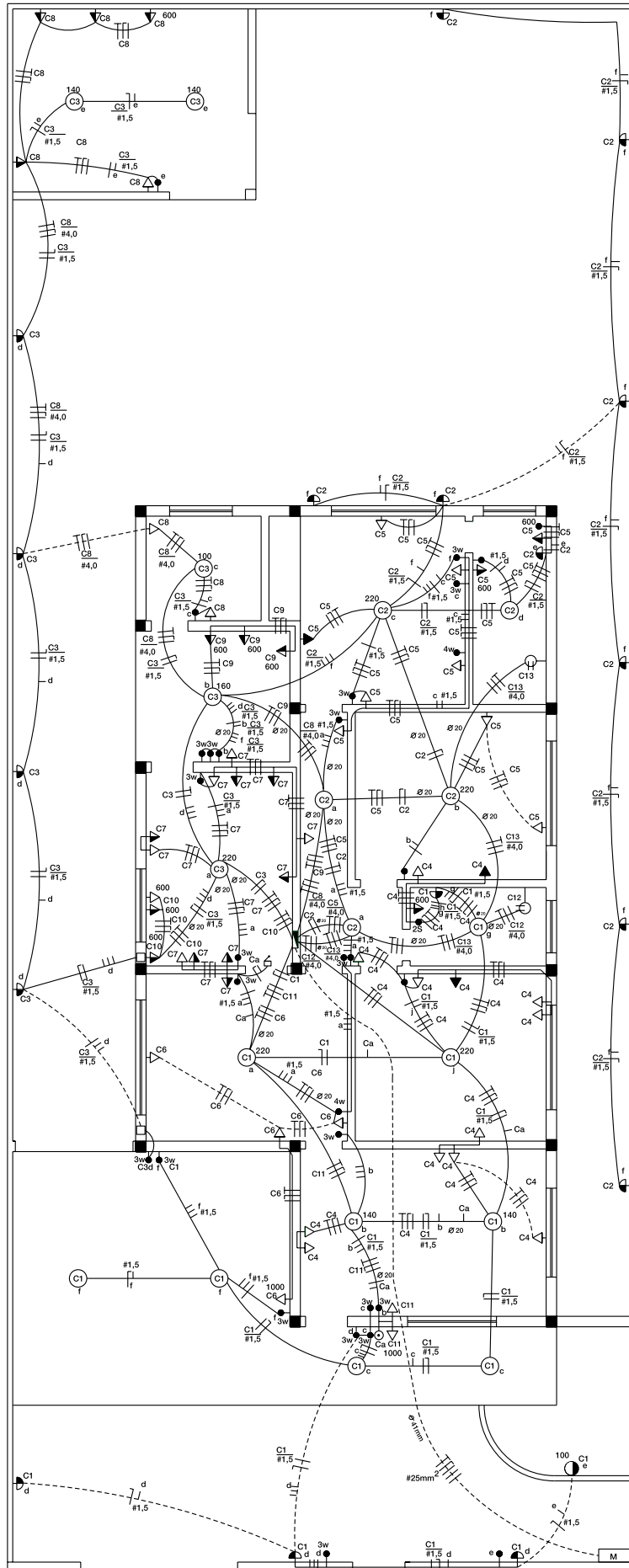
- Pontos de Iluminação;
- Interruptores (diversos tipos);
- Tomadas de Uso Geral;
- Tomadas de Uso Específico;
- A seção dos condutores;
- O diâmetro dos eletrodutos;
- QDC
- Identificação dos Circuitos Elétricos e dos condutores etc;
- Legenda, identificando o Projetista, endereço da obra etc.

Observações:

Usar a Simbologia conforme subitem 2.2 página 49;
Os valores precedidos do símbolo # correspondem à seção dos condutores em mm^2;
Os valores precedidos do símbolo Ø correspondem ao diâmetro do eletroduto;
A partir daí, deve ser utilizado uma Legenda no Projeto Elétrico, contendo:

- Simbologia utilizada;
- Condutores não cotados correspondem a: # 2,5 mm^2;
- Eletrodutos não cotados correspondem a: Ø 16 mm.

A seguir será apresentado o Projeto Elétrico.

CursosVirtuais.net

IMPORTANTE: Não serão tratados neste Manual, como deverão ser os requisitos e os procedimentos legais, necessários para que uma ou mais pessoas possam: elaborar um Projeto Elétrico de uma residência, ser o responsável técnico, registro, etc.

Maiores informações poderão ser obtidas junto ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG).

O endereço eletrônico do CREA – MG é: **http://www.crea-mg.com.br**

Exercícios:

1) Dimensionar a iluminação incandescente e o número mínimo de tomadas de uso geral necessárias para atender uma sala de 4,5 m de comprimento e 3,5 m de largura.

2) Dimensionar a iluminação e o número mínimo de tomadas de uso geral necessárias para atender uma cozinha de 4 m de comprimento e 2,5 m de largura.

3) Dimensionar o eletroduto que deverá conter 12 condutores de seção 6,0 mm^2, isolação em PVC cujo diâmetro externo é 4,7 mm.

4) Dimensionar o eletroduto que deverá conter 6 condutores de seção 2,5 mm^2 e 4 condutores de 6 mm^2.

CAPÍTULO 6

EXECUÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO

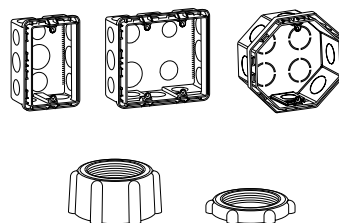
6.1 – Materiais e Componentes da Instalação Elétrica

Como já foi mencionado neste Manual, os Materiais e Componentes a serem utilizados na instalação elétrica, devem ser de qualidade, garantidos e adequados para a função específica etc.

É importante que o Proprietário da residência receba uma lista dos materiais e componentes, com as respectivas quantidades e especificações técnicas corretas, para que ele possa efetuar a aquisição desses materiais.

Nem todos os materiais são necessários que sejam adquiridos de uma só vez. Deve ser feito um cronograma físico da obra, para que os materiais sejam adquiridos e utilizados na hora certa.

Os materiais com as suas respectivas quantidades, deverão ser levantadas a partir do Projeto Elétrico:

- Medir, através de uma régua, as metragens dos diversos tipos de condutores e eletrodutos;
- Quantidades dos diversos tipos de interruptores, tomadas de uso geral;
- Quantidades dos diversos tipos de caixa: 2x4, 4x4, octogonal, de passagem, QDC, etc;
- Quantidades de curvas, buchas, arruelas, dispositivos de proteção e de segurança, etc.

6.2 – Execução do Projeto Elétrico

Existem algumas prescrições gerais, que devem ser observadas para a execução da instalação elétrica e que se relacionam, principalmente, com a segurança da instalação durante e após sua execução.

É importante sempre lembrar que, em cada etapa de construção obra da residência, deverá ser executada uma parte do Projeto Elétrico. Isso economizará tempo e dinheiro. A interação com os responsáveis pela obra civil e de outros Projetos, é muito importante para otimizar a execução do Projeto Elétrico, e conseqüentemente, de toda a residência.

A instalação dos cabos deve ser feita de tal maneira que os mesmos não sofram qualquer dano em função de bordas cortantes ou superfícies abrasivas. Deve ser usado, nas entradas de condutos em caixas de derivação ou equipamentos, um adaptador para proteger os cabos.

Os cabos ao serem instalados em eletrodutos não podem ficar sujeitos a esforços maiores do que aqueles para o qual foram projetados. Caso contrário, o cabo poderia esticar devido à tração, mudando assim todas as suas características quanto à condução de corrente.

Os condutores Fase, Neutro e o de Proteção (PE) de um mesmo circuito devem ser agrupados no mesmo eletroduto.

Os condutos, caixas de derivação, conexões, etc, devem ser constituídos de materiais não suscetíveis à corrosão ou protegidos contra ela.

Toda a curva de cabo deve ser feita de forma a evitar qualquer dano ao cabo.

IMPORTANTE: Caso seja necessário alterar alguma coisa durante a execução do Projeto Elétrico, essas alterações deverão constar no referido Projeto. O Proprietário deverá receber o Projeto Elétrico, exatamente como foi executado.

6.3 – Requisitos Estabelecidos pela Norma NBR 5410/97

A seguir serão descritos os principais requisitos determinados pela Norma vigente, a NBR 5410/97.

As dimensões internas dos eletrodutos e os respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que:

a) A taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:
- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos;

b) Não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15 m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3 m para cada curva de 90°.

NOTA – Quando os eletrodutos passarem obrigatoriamente através de locais onde seja possível o emprego de caixa de derivação, a distância prescrita no subitem b), pode ser aumentada, desde que:

b1) Seja calculada a distância máxima permissível (levando em conta o número de curvas de 90° necessárias); e

b2) Para cada 6 m, ou fração, de aumento dessa distância, se utilize eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior ao eletroduto que normalmente seria empregado para a quantidade e tipo dos condutores ou cabos.

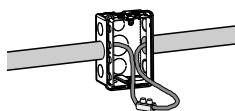
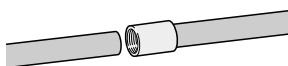
Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, podem ser previstas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até o máximo de 270°. Em nenhuma hipótese, devem ser previstas curvas com deflexão menor do que 90°.

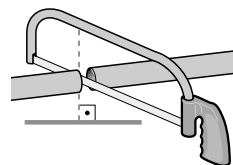
As curvas feitas diretamente nos eletrodutos, não devem reduzir efetivamente o seu diâmetro interno.

Devem ser empregadas caixas de derivação:

a) Em todos os pontos de entrada e saída de condutores da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser arrematados com buchas;
b) Em todos os pontos de emendas ou derivação de condutores;
c) Para dividir a tubulação em trechos de comprimentos não maiores que os especificados neste subitem 6.3.

NOTA: As caixas devem ser colocadas em lugares facilmente acessíveis e serem providas de tampas apropriadas. As caixas que contiverem interruptores, tomadas de uso geral e congêneres, devem ser fechadas pelas placas de acabamento que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos, podem ser fechadas pelas placas destinadas à fixação desses equipamentos.

Os condutores devem ser com trechos contínuos entre as caixas de derivação. As emendas e conexões devem ficar colocadas dentro das caixas. Os condutores emendados ou cuja isolação tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material apropriado, não devem ser enfiados em eletrodutos.

Os eletrodutos embutidos em concreto armado, devem ser colocados de modo a evitar a sua deformação durante a concretagem, devendo ainda serem fechadas as caixas e as bocas dos eletrodutos com peças apropriadas, para impedir a entrada de argamassa ou nata de concreto.

As junções dos eletrodutos embutidos, devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques em relação aos materiais de construção.

Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente ao seu eixo. Devem ser retiradas todas as rebarbas que possam danificar as isolações dos condutores.

Os condutores só deverão ser enfiados depois que a rede de eletrodutos estiver toda concluída, assim como todos os serviços de construção que os possam danificar. A enfiação também, só deve ser iniciada, após a tubulação e caixas de derivação serem limpas.

Para facilitar a enfiação dos condutores, podem ser utilizados:

a) Guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidas no momento da enfiação dos condutores e não durante a execução das tubulações;
b) Talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolação dos condutores.

Só são admitidos em instalação aparente, os eletrodutos que não propaguem a chama.

Em instalação embutida, só são admitidos os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos do tipo de construção utilizado. Na instalação embutida, os eletrodutos que possam propagar a chama, devem ser totalmente envolvidos por materiais incombustíveis.

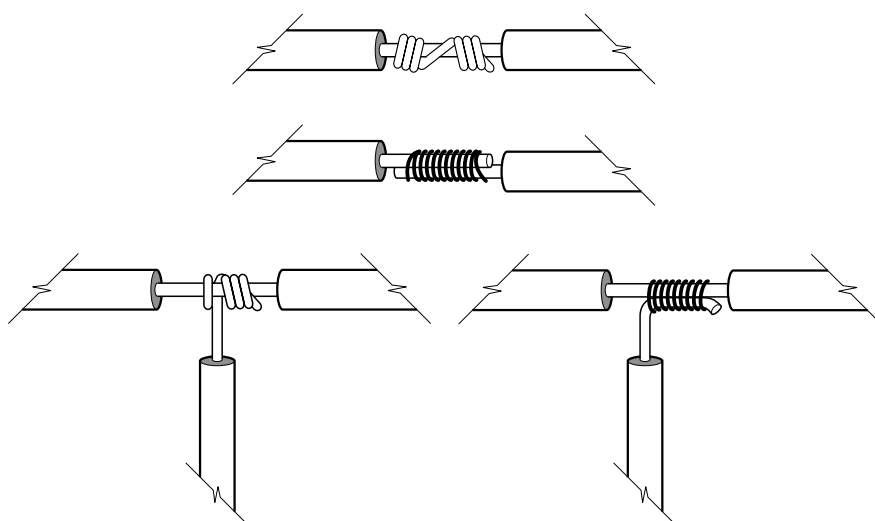
IMPORTANTE: As diversas ligações elétricas na residência dos condutores Fase, Neutro e Proteção (PE), deverão ser feitas de acordo com os procedimentos estabelecidos neste Manual.

6.4 - Recomendações Gerais sobre as Instalações Elétricas

a) Emendas e Derivações

Devem garantir a continuidade elétrica e a resistência mecânica do circuito elétrico, podendo ser:

- Os condutores de pequeno diâmetro, usa-se torcer um condutor sobre o outro;
- Quando se trata de condutores maiores, usa-se um fio mais fino enrolado sobre a emenda, a fim de melhorar a resistência mecânica.

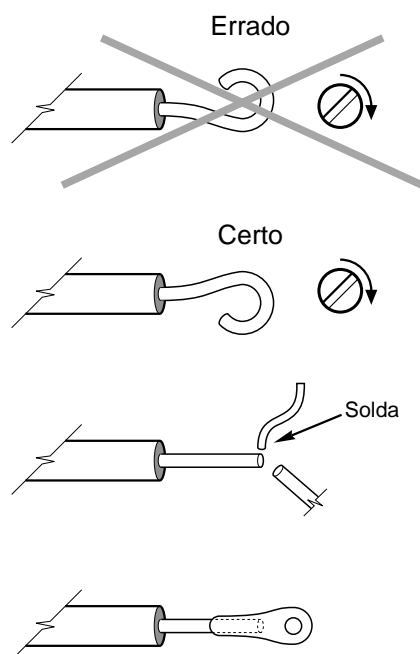
Os desenhos a seguir, mostram essas situações.

Em ambos os casos, recomenda-se cobrir a emenda com solda, a fim de garantir uma perfeita continuidade elétrica ao circuito. Para ligação de aparelhos com cordões flexíveis, deve-se usar um nó de segurança nas extremidades do condutor, a fim de evitar que qualquer esforço mecânico efetuado sobre o condutor seja transmitido aos contatos elétricos.

Posteriormente a elaboração da emenda, deve-se isolá-la com fita isolante.

b) Ligações dos Terminais

Ao ser efetuada a ligação de um condutor em um terminal com parafuso, deve-se fazer a volta no condutor no mesmo sentido da rotação do parafuso ao ser apertado, para evitar que o condutor escape debaixo da cabeça do parafuso.

Quando o condutor for flexível (tipo cabo), deve-se tornar rígida a sua extremidade com solda, ou então, usar um terminal apropriado.

Os desenhos a seguir, mostram essas situações.

c) Tomadas de Uso Específico

Esses equipamentos (um chuveiro elétrico, por exemplo) devem ser ligados aos condutores dos circuitos elétricos, através de conectores apropriados. Se o conector for feito de material plástico, e vier com dois conectores juntos, recomenda-se separá-los fisicamente. Em caso de um possível defeito em um conector, esse defeito não estenda para o outro conector. Isso poderá evitar um curto-circuito, com a fusão dos dois conectores.

d) Limpeza

É uma parte muito importante na execução da instalação elétrica.

Após a instalação dos eletrodutos, caixas, fiação, etc, as caixas deverão ser tampadas para não serem sujas quando do reboco das paredes ou a colocação do piso e dos azulejos.

Depois de reboco das paredes ou a colação do piso e de azulejos, deverão ser novamente limpas as caixas e a fiação exposta e em seguida, instalar as Tomadas de Uso Geral, Interruptores, etc. Esses dispositivos deverão ser tampadas, para que não sejam sujos durante a pintura e acabamento geral da residência.

Após o acabamento geral, os dispositivos deverão ser destampados, limpos novamente e em seguida finalizar o acabamento, colocando as placas das caixas e fazendo um teste final do funcionamento dos circuitos elétricos.

6.5 – Verificação Final

Toda instalação elétrica nova ou reforma (extensão ou alteração), deve ser inspecionada visualmente e testada, durante a execução e após o término dos trabalhos, antes de ser posta em serviço pelos usuários da residência, de forma a se verificar a conformidade com as prescrições estabelecidas em:

1) Norma da ABNT, a NBR 5410/97 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

2) Normas vigentes da CEMIG, ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea;

3) Deste Manual de Instalações Elétricas Residenciais.

Após a verificação e os testes, de que toda a instalação elétrica está funcionando corretamente e adequadamente conforme foi projetado, deverá ser explicada todo o seu funcionamento e fornecida a documentação da instalação (Projeto Elétrico, memorial descritivo, etc) para o Proprietário da residência.

6.6 – Aumento de Carga e reformas nas instalações elétricas internas

É comum em uma residência, ter a necessidade de um aumento de carga, devido a ampliações na casa ou a aquisição de um novo equipamento elétrico.

As reformas nas instalações elétricas internas, também são bastante comuns.

Nestes dois casos, é importante que toda instalação elétrica interna deverá ser revista: o Padrão de Entrada para o fornecimento de energia elétrica, Aterramento através do Condutor de Proteção - PE (se não houver, deverá ser feito), Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC com os seus dispositivos adequados, fiação (estado físico que ela está e bitola), conexões, tomadas, interruptores, equipamentos elétricos etc.

Contratar um Projetista para elaborar um Projeto Elétrico nestas situações, poderá a primeira vista, parecer um fato dispendioso.

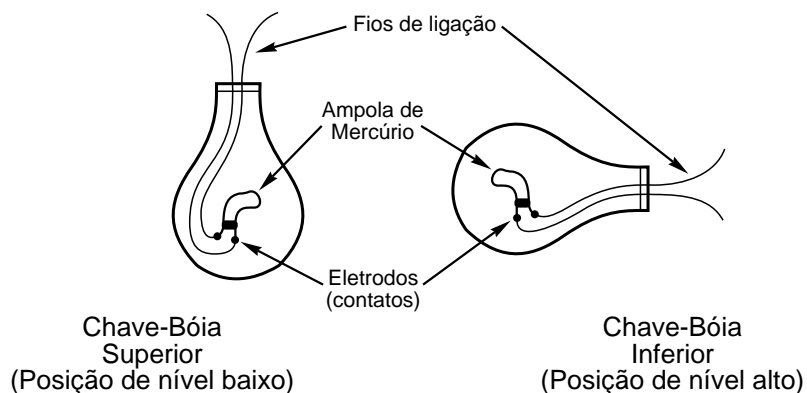
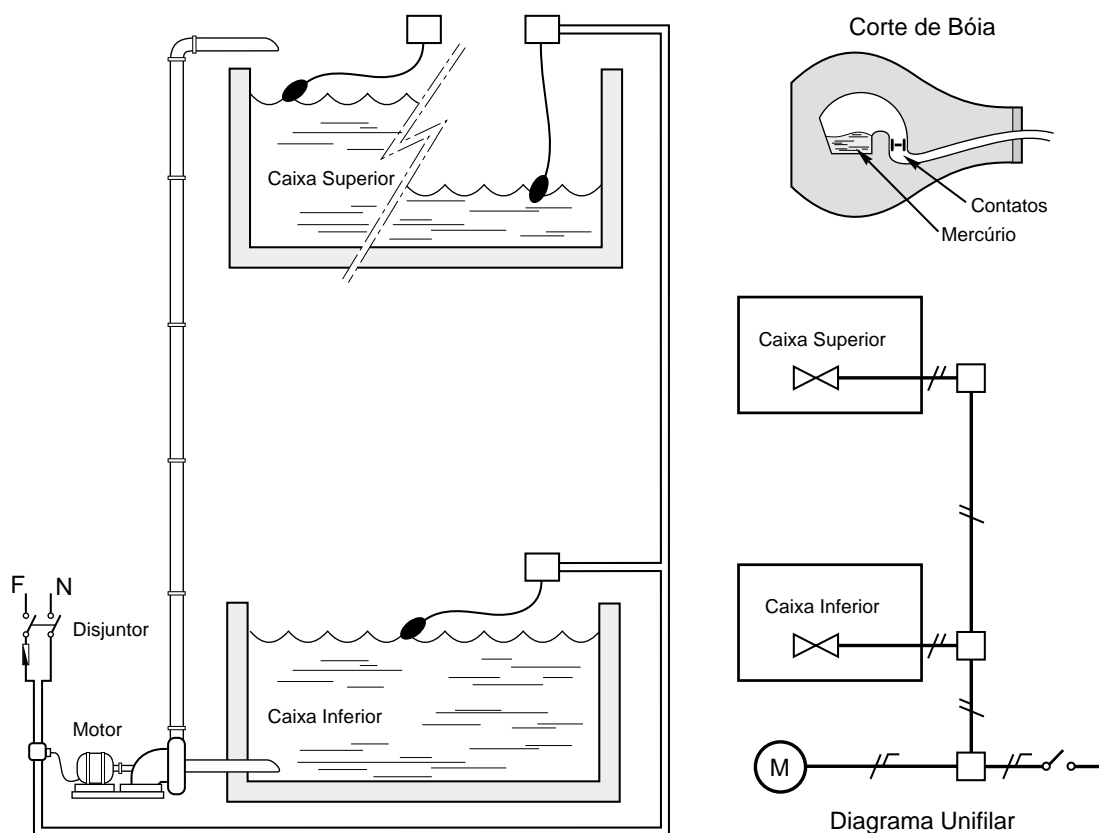
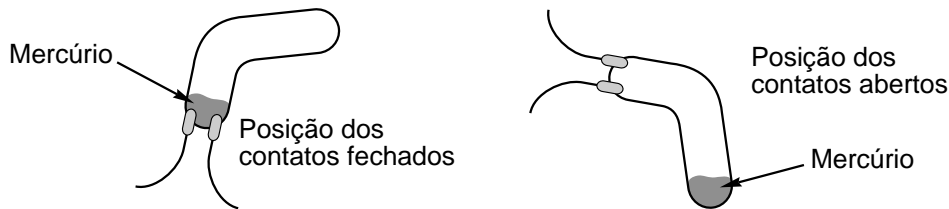
Na realidade não o é.

O Projetista irá seguir os procedimentos estabelecidos neste Manual, nas Normas vigentes da CEMIG: ND 5.1 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”, a ND 5.2 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas” e a ND 5.5 “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea” e Normas pertinentes da ABNT, o que certamente irá aumentar a qualidade, a segurança e o conforto de toda a instalação elétrica interna.

Com o Projeto Elétrico, o Proprietário da residência ficará munido de um documento, que facilitará as interpretações/decisões futuras para quaisquer modificações nas instalações elétricas internas.

6.7 – Bomba de Água com Chave Bóia

É importante que o comando de liga/desliga de uma bomba de água, seja feita através de uma chave bóia, pois além de facilitar a vida das pessoas, evita o desperdício de água e economiza energia elétrica.

O diagrama de ligação do circuito específico de uma bomba d'água com chave bóia, está apresentado a seguir.

Ampola de Mercúrio (Posições)

6.8 - Instalações de Linhas Aéreas

É comum o uso de linhas aéreas quando se deseja ligar cargas fora dos cômodos da residência, tais como dependências de serviço, iluminação externa, áreas de lazer etc.

A seguir, serão apresentadas algumas recomendações gerais sobre a instalação em linhas áreas.

É importante verificar se é possível acrescentar mais cargas junto ao “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica e Quadro de Distribuição de Circuitos – QDC. Caso contrário, ver subitem 6.6 página 185.

Deve-se ter em mente que estas ligações devem corresponder a cargas de um mesmo consumidor, uma vez que os dispostos da Resolução vigente n.o 456, de 29/11/2000 da ANEEL “Agência Nacional de Energia Elétrica” não permitem as interligações entre consumidores.

Para os vãos até 15 m, os condutores aéreos, devem ter seção mínima a 4 mm^2 e, em vãos maiores, seção mínima a 6 mm^2.

Se forem utilizados condutores de menor seção, eles deverão ser presos um fio ou cabo mensageiro com resistência mecânica adequada. Em qualquer caso, o espaçamento entre os suportes deve ser igual ou inferior a 30 m. Os condutores devem ser isolados.

Os cabos devem encontrar-se, em relação ao solo, a uma altura igual ou superior a:

- 5,5 m, em locais acessíveis a veículos pesados;
- 4,00 m, em entradas de garagens residenciais, estacionamentos ou outros locais não acessíveis a veículos pesados;
- 3,50 m, em locais acessíveis apenas a pedestres;
- 4,50 m, em áreas rurais, cultivadas ou não.

Os cabos devem encontrar-se fora do alcance de janelas, sacadas, escadas, etc, e, para tanto, devem obedecer a uma das seguintes condições:

- Estar a uma distância horizontal igual ou superior a 1,20 m; ou
- Estar acima do nível superior de janelas; ou
- Estar a uma distância vertical igual ou superior a 3,50 m acima do solo de sacadas, terraços ou varandas; ou
- Estar a uma distância vertical igual ou superior a 0,50 m abaixo do solo de sacadas, terraços ou varandas.

CAPÍTULO 7

ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

Com a finalidade de conceituar o termo Economia de Energia serão apresentadas a seguir, algumas informações básicas para mostrar a sua importância para o Consumidor, para a CEMIG e para o País.

Economia de Energia Elétrica

Economizar energia elétrica é utilizá-la de forma a obter o máximo benefício com um menor consumo de energia, evitando os desperdícios ou o uso inadequado, sem no entanto, diminuir a qualidade, o conforto e a segurança.

Por que Economizar ?

Os custos crescentes, a escassez de recursos, a baixa remuneração, a disponibilidade de recursos hídricos, a otimização dos investimentos e os grandes desperdícios, fazem que seja importante a economia de energia elétrica para o nosso País e acarreta uma menor Fatura de Energia Elétrica a ser paga pelo consumidor.

A economia de energia elétrica é uma fonte virtual de geração de energia elétrica, pois a energia deixa de ser desperdiçada.

O custo do kWh economizado é cerca de 6 vezes mais barato do que o kWh gerado e ainda não agride ao meio ambiente.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

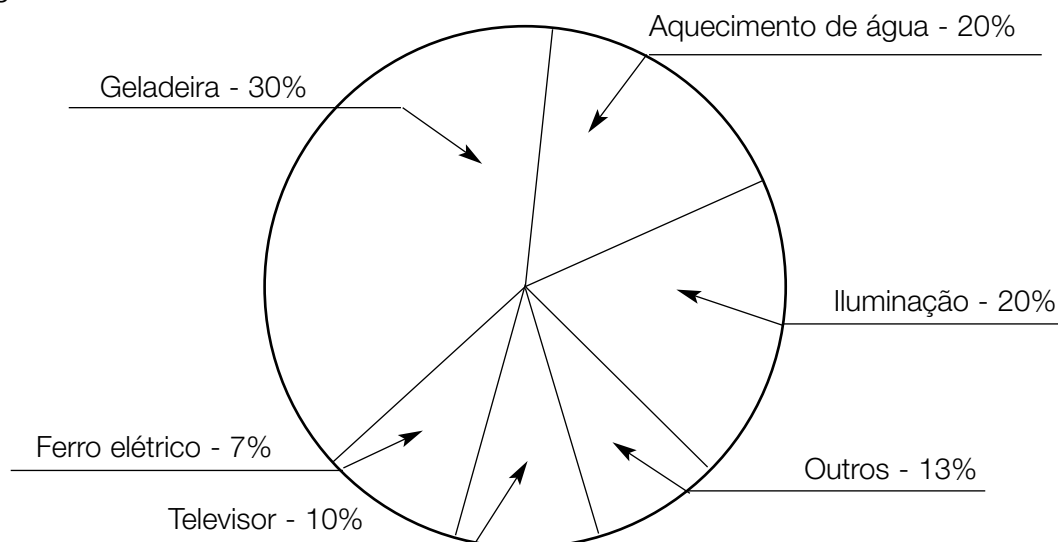
O PROCEL é o programa do governo federal vinculado ao Ministério de Minas e Energia que tem o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, eliminando os desperdícios e reduzindo os custos e os investimentos setoriais. Ver subitem 1.14.3 página 37.

Programas de Economia de Energia da CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

A CEMIG desenvolve diversos programas de economia de energia elétrica em Indústrias, Comércios, Serviços, Residências, Propriedades Rurais, Iluminação Pública, Campanhas de Conscientização, Palestras em Escolas, etc.

Neste Manual será tratado sobre a economia de energia elétrica nas residências.

7.1 - Consumo de Energia Elétrica em uma Residência

Em uma residência típica, a quantidade porcentual (%) média de energia elétrica (kWh) e onde que a energia está sendo consumida, pode ser representado no gráfico a seguir:

É importante salientar que o gráfico apresenta valores médios porcentuais (%) de consumo de energia elétrica (kWh) de uma residência típica.

Como os tamanhos e quantidades de aparelhos elétricos de uma residência, bem como os comportamentos de hábitos das pessoas, são diferentes, o perfil de consumo de energia elétrica (kWh) poderá ser também diferente do apresentado no gráfico. Por isso é importante que as pessoas da residência conheçam os seus aparelhos elétricos e os hábitos de consumo, para poderem identificar onde está consumindo mais energia elétrica.

E Lembre-se:

Para o bom desempenho de qualquer aparelho elétrico, deve-se ter as seguintes considerações:

- Se o equipamento é realmente necessário;
- A instalação elétrica interna comporta esse aparelho elétrico;
- Deve ter o tamanho adequado para as necessidades previstas;
- Deve ter garantia e boa assistência técnica oferecida pelos fabricantes;
- Deve consumir menos energia para realizar o mesmo trabalho;
- O Manual do aparelho foi lido e entendido;
- O aparelho elétrico foi instalado corretamente;
- As pessoas que utilizam o aparelho, foram instruídas de como usá-lo corretamente;
- O aparelho elétrico é utilizado conforme recomenda o fabricante;
- Se possível, adquira os equipamentos com Selo PROCEL de Economia de Energia ou Selo PROCEL/INMETRO (ver subitem 1.14.3 página 37), pois eles consomem menos energia elétrica.

7.2 - Iluminação

Os aparelhos de Iluminação – Lâmpadas, Luminárias, Reatores, etc, estão em constante evolução, surgindo a cada dia equipamentos mais eficientes. É importante sempre utilizar os aparelhos de iluminação mais eficientes.

7.2.1 – Conceitos sobre Grandezas Fotométricas

É necessário conhecer alguns conceitos de Grandezas Fotométricas das características das lâmpadas que serão definidas a seguir, pois serão muito importantes para a escolha das lâmpadas adequadas.

Fluxo Luminoso: é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa na unidade de tempo (segundo).

A unidade de medida do Fluxo Luminoso: lúmen (lm).

Fazendo uma analogia com a hidráulica pode-se ter: é quantidade de água que sai de uma torneira, por segundo.

Eficiência Luminosa: é a razão entre o Fluxo Luminoso emitido e a Potência Elétrica absorvida. Esta relação expressa o rendimento de uma lâmpada. Quanto maior for a Eficiência Luminosa, mais vantajosa e econômica será a lâmpada, isto é, gasta-se menos Watts para iluminar uma determinada área. A unidade de medida da Eficiência Luminosa é Lúmen por Watt (lm/W).

Fazendo uma analogia com a hidráulica pode-se ter: é a relação entre a quantidade de água que sai de uma bomba indo até uma determinada altura e a potência elétrica necessária para isso.

Temperatura de Cor (K): A iluminação com um tom mais avermelhado, é denominada de luz “quente”. Se o tom é mais azulado, a iluminação é denominada de luz “fria”.

Do nascer, ao por do sol, poderá ter todas as variações de iluminação: do avermelhado ao azul. Essas variações são as Temperaturas de Cor.

A Temperatura de Cor é medida em graus Kelvin (K). Quanto maior for o número, mais fria é a cor da lâmpada. Por exemplo: uma lâmpada de temperatura de cor de 2.700 K tem tonalidade quente, uma de 6.500 K tem tonalidade fria. O recomendável para uma residência, é que a iluminação varie entre 2.700 K e 5.000 K, de acordo com o tipo de ambiente. Nos quartos, por exemplo, a iluminação mais “quente”, poderá tornar o ambiente mais aconchegante. Existem no mercado diversos tipos de lâmpadas com diversas Temperaturas de Cor.

Índice de Reprodução de Cor (IRC): Quanto mais próximo for esse índice de 100, mais eficiente será a reprodução de cor, da lâmpada. A cor vermelha será enxergada vermelha e a cor branca, será vista branca, como por exemplo.

Em uma residência, é recomendável que se utilize lâmpadas com IRC acima de 80, de modo a ter uma boa reprodução de cores.

NOTA: O Índice de Reprodução de Cor de uma lâmpada, para reproduzir corretamente as cores (IRC) independe de sua Temperatura de Cor (K). Poderá existir um tipo de lâmpada com mais de Temperatura de Cor diferente, mas com o mesmo IRC.

7.2.2 - Tipos de Lâmpadas mais Usuais em Residências

a) Incandescentes

São utilizadas na iluminação geral. As Lâmpadas Incandescentes são os tipos mais utilizados nas Residências, apesar de ter uma baixa Eficiência Luminosa (lm/W).

Elas produzem luz pelo aquecimento, a uma temperatura muito alta, de um filamento de tungstênio, quando passa uma corrente elétrica. Cerca de 80 % da energia elétrica (kWh) consumida é transformada em calor, sendo que apenas 15 %, gera luz.

Alguns tipos dessas lâmpadas, podem ser utilizadas com o Interruptor tipo "dimmer" (ver subitem 2.6 página 53).

Os tipos mais comuns de Lâmpadas Incandescentes, são:

Incandescente comum: é a mais usual nas residências. As lâmpadas incandescentes comuns quando fabricadas para funcionarem na tensão de 124 Volts, terão uma vida média em torno de 1.000 horas. Se esta lâmpada funcionar em 127 Volts, a vida média cai para em torno de 750 horas.

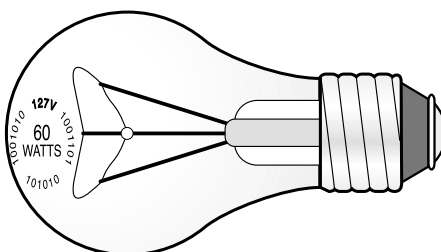
As lâmpadas incandescentes comuns quando fabricadas para funcionarem na tensão de 220 Volts, terão uma vida média em torno de 1.000 horas.

NOTA: Na embalagem de uma lâmpada incandescente, está discriminado aos valores de tensão de funcionamento, com a respectiva vida média.

Essas Lâmpadas podem ter o bulbo em diversas formas e cores, sendo que cada tipo de Lâmpada tem uma aplicação própria.

A Temperatura de Cor das lâmpadas incandescentes comuns é em torno de 2.700K.

O funcionamento dessas lâmpadas pode ser feito através de "dimmers" (ver subitem 2.6 página 53).

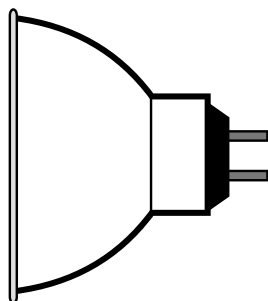
A tensão e a potência destas lâmpadas podem ser identificadas conforme desenho a seguir:

As potências mais usuais das lâmpadas incandescentes para uso doméstico, nas diversas tensões, são de 40, 60, 100 e 150 watts.

Lâmpadas Halógenas: são lâmpadas incandescentes construídas num tubo de quartzo com vapor de metal halógeno no bulbo, o que permite ao filamento atingir temperaturas mais elevadas, sem diminuição da vida útil, resultando em eficiência luminosa maior do que a das incandescentes comuns.

São usadas principalmente para destacar algum objeto, quadros, etc.

A vida média destas lâmpadas, dependendo do tipo, pode ser de 2.000 ou 4.000 horas.

Elas podem ser encontradas de dois tipos:

- Serem utilizadas diretamente na Baixa Tensão de 127 ou 220 Volts, nas potências de 50, 75, 90 Watts.

- Utilizadas com um dispositivo auxiliar (transformador abaixador de tensão), pois a tensão na lâmpada é de 12 Volts, nas potências de 20 e 50 Watts. Essas lâmpadas são de dimensões reduzidas e normalmente necessitam de luminária especial para a sua fixação.

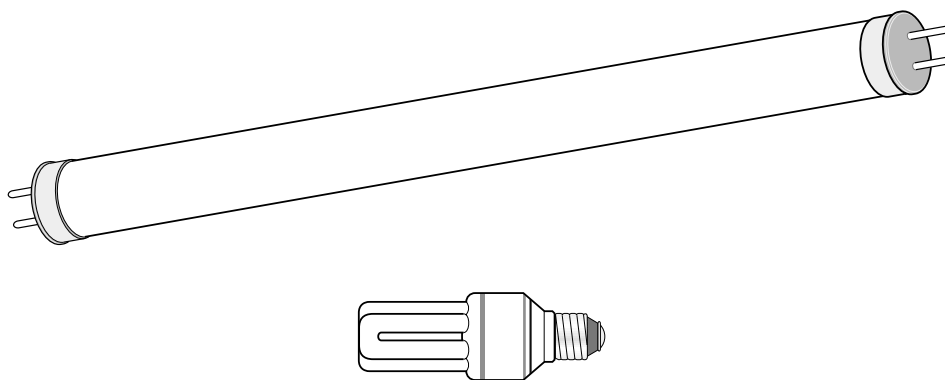
b) Lâmpadas Fluorescentes

São lâmpadas que utilizam descarga elétrica através de um gás. Consistem em um bulbo cilíndrico de vidro revestido de material fluorescente (cristais de fósforo), contendo vapor de mercúrio a baixa pressão em seu interior e portando em suas extremidades, eletrodos de tungstênio.

A Temperatura de Cor pode ter diversas tonalidades, dependendo do fabricante. Dessa forma, conforme a finalidade, deverá ser usada a lâmpada com a Temperatura de Cor adequada.

As lâmpadas fluorescentes emitem menos calor e iluminam mais, se comparadas com as lâmpadas incandescentes comuns.

Os tipos mais usados na residência as Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e as Lâmpadas Fluorescentes Compactas.

NOTA: Deve-se evitar o liga/desliga desnecessário dessas lâmpadas, pois elas queimam mais rapidamente.

Essas lâmpadas fluorescentes necessitam para funcionar de um equipamento auxiliar, denominado de Reator. Ele é necessário para produzir a sobretensão necessária ao início da descarga e para limitar a corrente.

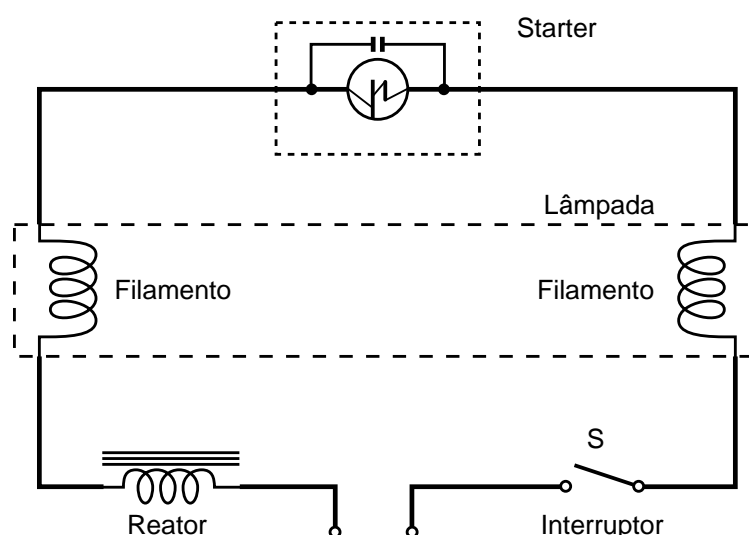
Existem reatores dos seguintes tipos: Convencional, o de Partida Rápida e o Eletrônico.

O Reator do tipo Convencional é magnético e necessita de um dispositivo auxiliar denominado de “Starter”. É usado para ligar e desligar os eletrodos da lâmpada.

O Reator do tipo Partida Rápida é também magnético. A lâmpada fluorescente é acesa mais rapidamente, do que quando é utilizado o Reator tipo Convencional.

O Reator do tipo Eletrônico é muito eficiente. O acendimento da lâmpada fluorescente, é quase de imediato.

O funcionamento dessas lâmpadas pode ser feito através de “dimmers” especiais (ver subitem 2.6 página 53) e com reatores eletrônicos que podem ser utilizados com esses “dimmers” especiais.

O funcionamento de uma Lâmpada Fluorescente, com um Reator do tipo Convencional, com o diagrama a seguir, é da seguinte forma:

Ao ser fechado o interruptor S, o “Starter” fecha e abre rapidamente. Quando ele está fechado os filamentos são aquecidos ionizando o vapor de mercúrio (gás) existente dentro do tubo e ao abrir é dada a partida na lâmpada, ou seja, passa a circular corrente entre os filamentos e a Lâmpada emite a luz. Depois que a Lâmpada está acesa, “pode-se retirar” o “Starter” do circuito, uma vez que não circula corrente pelo mesmo.

O Reator tem a função de provocar uma sobretensão durante a partida e depois evitar que a corrente atinja valores elevados.

A função do capacitor ligado em paralelo com o “Starter” é evitar o faiscamento entre seus terminais durante a partida.

Devido as grandes vantagens da iluminação fluorescente, como maior rendimento luminoso, menor perda em forma de calor, luz mais branca, etc, as Lâmpadas Fluorescentes Tubulares são muito utilizadas, principalmente nas áreas Copa, Cozinha, Área de Serviço, etc, de uma residência. Nestes locais é melhor utilizar Lâmpadas Fluorescentes Tubulares, pois elas duram e iluminam mais do que as incandescentes.

Uma Lâmpada Fluorescente tem uma vida média de até 7.500 horas, ou seja, dura cerca de 7,5 vezes mais que a Incandescente. Inicialmente tem-se um gasto maior, mas, em compensação, não é necessário trocá-la tantas vezes, além disso economiza energia elétrica e, portanto, reduz o valor da Fatura de Energia Elétrica (ver subitem 2.1 página 43).

Existe um tipo de Lâmpada Fluorescente Especial, que são mais eficientes do que as Lâmpadas Fluorescentes tradicionais. Elas têm o tubo mais fino e de menor comprimento e duram cerca de 16.000 horas. Ela utiliza para o seu funcionamento, um tipo de Reator eletrônico especial.

As Lâmpadas Fluorescentes Compactas são mais utilizadas nos restantes dos cômodos da residência, tais como: Sala, Quartos, Corredores, etc.

Estas Lâmpadas são de pequenas dimensões e de baixa potência, variando de 5 a 26 Watts, encontrando-se nos mais diversos tipos e modelos. A vida média pode variar de 3.000 a 8.000 horas, dependendo o modelo ou do fabricante.

As mais práticas são aquelas com Reator acoplado com a Lâmpada, pois normalmente, a depender do tipo de luminária, substituem diretamente uma lâmpada incandescente. O Reator pode ser eletrônico ou magnético.

Apesar das Lâmpadas Fluorescentes Compactas serem mais caras que as Incandescentes, elas são bem mais econômicas e sua utilização se justifica quando são utilizadas por mais de 3 horas por dia.

A Tabela 7.1 nos mostra as principais características das Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS LÂMPADAS

Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Média (h)	Vantagens	Desvantagens	Observações
Incandescente Comum					
40	450	1.000	Usadas na Iluminação em Geral. Tamanho reduzido, fácil instalação e baixo custo. Baixa eficiência.	Baixa eficiência. Produz muito calor.Vida média curta.	Ligação imediata, sem necessidade de dispositivos auxiliares.
60	750	1.000			
100	1.450	1.000			
150	2.300	1.000			
Fluorescente					
15	840	7.500	Ótima eficiência luminosa e baixo custo de funcionamento. Boa reprodução de cores.Vida média mais longa.	Custo inicial elevado em relação as Incandescentes.	Necessitam dispositivo auxiliar: Reator.
20	1.050	7.500			
30	2.000	7.500			
40	2.700	7.500			
16	1.200	7.500			
32	2.700	7.500			
Fluorescente Especial					
14	1.350	16.000	Mais eficientes e duram mais do que as Fluorescentes tradicionais.	Custo inicial mais elevado.	Necessitam de Reatores especiais.
21	2.100	16.000			
28	2.900	16.000			
35	3.650	16.000			
Fluorescente Compacta					
9	600	10.000	Ótima eficiência luminosa e baixo consumo de kWh.	Custo inicial elevado em relação as Incandescentes.	As eletrônicas já têm o reator incorporado.
13	900	10.000			
15	900	10.000			
20	1.200	10.000			
23	1.500	10.000			

Tabela 7.1

Observação: a Tabela acima apresenta valores médios, podendo variar dependendo do Fabricante.

7.2.3 – Iluminação Adequada

A determinação da Iluminação adequada depende de diversos fatores, tais como:
A altura da luminária em relação ao piso, do tamanho e do tipo do cômodo, tipo de lustre ou globo, cores das paredes, pisos e tetos, tipos de lâmpadas, etc.
Para a escolha correta da iluminação, proceda da seguinte forma:
Calcule a área do cômodo (comprimento multiplicado pela largura) e verifique na Tabela 7.2 a seguir, a potência da lâmpada.

TABELA PRÁTICA PARA ESCOLHA DE LÂMPADAS INCANDESCENTES OU FLUORESCENTES COMUNS							
Área do Cômodo (m^2)		**Potência das Lâmpadas (W)**					
		Sala, Copa e Cozinha		**Quarto e Varanda**		**Banheiro**	
De	Até	Incandescente	Fluorescente	Incandescente	Fluorescente	Incandescente	Fluorescente
—	6,25	60	20	60	15	60	15
6,26	7,50	100	40	100	20	60	15
7,51	10,50	100	40	100	40	100	20
10,51	12,00	150	40	100	40	100	40
12,01	14,00	150	60	150	40	100	40
14,01	16,00	200	60	150	60	100	40
16,01	20,00	200	80	150	60	150	60
20,01	22,50	200	80	200	80	150	60

Tabela 7.2 (continua)

CORREDORES E ESCADAS (M) (continuação)		
Corredores e Escadas (m)	**Potência das Lâmpadas (W)**	
	Incandescente	Fluorescente
Até 3	40	15
3,1 a 4,5	60	20
4,6 a 5,5	100	20

Tabela 7.2

NOTA: No subitem 2.3.3 página 51, foram utilizados critérios para o dimensionamento das cargas (VA) de circuitos elétricos de Iluminação e **não** da potência da lâmpada. As Tabelas Práticas acima, devem ser utilizadas para iluminação geral. Caso essa Iluminação não for suficiente, utilize uma "Iluminação Localizada", através de abajures, por exemplo.

A “Iluminação Localizada” tem uma grande vantagem, pois só é ligada, quando for necessário, economizando assim a energia elétrica.

Exemplo do uso da Tabela Prática: Uma Cozinha com uma área de 12 m^2 (3m de largura e 4m de comprimento), pode-se ter a seguinte iluminação.

Pela Tabela Prática, a lâmpada incandescente indicada é de 150 Watts ou lâmpada fluorescente de 40 Watts. É recomendada a lâmpada fluorescente de 40 W, pois o seu consumo de energia elétrica (kWh) será muito menor e a iluminação será melhor, conforme verificado na Tabela 7.1 de “Características dos Principais Tipos Lâmpadas” página 195.

Se as paredes forem escuras, deve ser usado o valor de potência da lâmpada imediatamente superior.

7.2.4 – Problemas em Lâmpadas

A seguir estão apresentados nas Tabelas 7.3 e 7.4, os principais problemas, possíveis causas e recomendações quanto a utilização das lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

PROBLEMAS EM LÂMPADAS INCANDESCENTES		
Problemas	**Possíveis Causas**	**Recomendações**
Sensível diminuição do fluxo luminoso emitido pela lâmpada. Bulbo enegrecido.	Funcionamento da lâmpada por tempo superior à sua duração	Substitua a lâmpada
Curta duração. Bulbo enegrecido.	Funcionamento da lâmpada com temperaturas excessivamente elevadas	Verifique as condições de ventilação do aparelho de iluminação.
Curta duração e quebra do filamento.	A lâmpada pode estar exposta a vibrações ou batidas.	Monte o lustre sobre suportes antivibratórios.
Luz muito intensa e de curta duração.	A tensão da lâmpada é inferior à tensão da instalação elétrica.	Substitua a lâmpada por uma de tensão compatível com a instalação elétrica.
Luz fraca e avermelhada.	A tensão da lâmpada é superior à tensão da instalação elétrica.	Substitua a lâmpada por uma de tensão compatível com a instalação elétrica.

Tabela 7.3

PROBLEMAS EM LÂMPADAS FLUORESCENTES		
Problemas	**Possíveis Causas**	**Recomendações**
Lâmpada que tremula acendendo e apagando	Falha normal do fim da vida da lâmpada. Se a lâmpada é nova. Se a lâmpada é relativamente nova pode ser que o starter esteja defeituoso.	Troque a lâmpada. É provável que o fenômeno desapareça. Troque o starter.
Diminuição do fluxo luminoso.	Uso prolongado superior à duração média da lâmpada.	Troque a lâmpada antes do seu término.
A lâmpada não acende.	Eletrodos queimados ou interrompidos. Starter com defeito. Ligações incorretas.	Troque a lâmpada. Troque-o. Assegure-se de que a lâmpada está devidamente assentada nos contatos.
Enegrecimento nas extremidades da lâmpada.	Uso prolongado superior à duração média prevista para a lâmpada.Reator e starter com defeito.	Troque a lâmpada. Providencie as trocas necessárias.
As extremidades da lâmpada ficam acesas.	Reator defeituoso ou starter pode estar em curto-circuito.	Providencie a troca necessária.
Dificuldades para acender a lâmpada.	Baixa tensão da instalação elétrica, ou baixa qualidade do reator. Temperatura ambiente muito baixa.	Verifique se a tensão de reator está dentro da faixa de operação. Recorra a aparelhos que proporcionem proteção térmica.

Tabela 7.4

7.2.5 - Recomendações Úteis para Utilização Adequada de Lâmpadas

Uma iluminação inadequada pode ser prejudicial, ocasionando problemas de visão ou provocando acidentes. Veja as principais recomendações abaixo:

- Os tetos e as paredes internas devem ser pintados com cores claras, para evitar, assim, o uso de lâmpadas de maior potência e maior consumo de energia elétrica;

- Deve ser evitado acender lâmpadas durante o dia, deixando que a luz natural ilumine o ambiente;
- Não devem ser deixadas lâmpadas acesas em cômodos desocupados;
- Devem ser utilizados lustres ou globos de maior rendimento. Por exemplo: um lustre de vidro claro (transparente) ilumina mais do que um de vidro leitoso ou de cor;
- Os locais onde estão instaladas as lâmpadas, como globos, lustres, arandelas, etc, devem ser sempre limpos. A sujeira diminui o nível de iluminação;
- Sempre que possível, devem ser usadas lâmpadas de maior potência para a mesma quantidade de Watts necessários. Por exemplo: uma lâmpada incandescente de 100 Watts ilumina tanto quanto duas lâmpadas incandescentes de 60 Watts cada;
- Sempre que for possível, substitua as lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas. Uma lâmpada fluorescente compacta de 15 W tem uma iluminação equivalente a uma incandescente de 60 W e dura cerca de 10 vezes mais;
- Onde for necessário maior iluminação (para leitura, trabalhos manuais, etc) devem ser utilizados abajures, arandelas, etc, ou seja, Iluminação Localizada. Ela poderá oferecer maior conforto e economia, pois as lâmpadas serão somente quando for realmente necessário.

7.3 – Economia de Energia Elétrica em Eletrodomésticos

Será apresentado a seguir, dicas para economizar energia elétrica nos principais eletrodomésticos em uma residência.

7.3.1 - Geladeira e o Freezer

A geladeira (ou refrigerador) é responsável por cerca de 30% do consumo de energia elétrica. Assim, as recomendações dadas, a seguir, para a sua aquisição e manuseio são muito importantes.

Na aquisição de uma geladeira, deve ser observado se o modelo desejado tenha o Selo PROCEL de Economia de Energia (ver subitem 1.14.3 página 37). Estes aparelhos são testados pelo PROCEL com o objetivo de verificar a sua eficiência do consumo de energia elétrica (kWh).

A temperatura do congelador e o volume interno devem ser adequados às necessidades do consumidor.

Para a decisão da aquisição, deve-se comparar os aparelhos de mesma faixa de volume, optando-se pelo de menor consumo de energia elétrica (Selo PROCEL) e dentro das possibilidades financeiras do interessado.

Dicas para uma correta utilização da geladeira ou freezer:

- Leia o Manual do fabricante;
- Instale-os em local bem arejado, com boa ventilação e distante de qualquer fonte de calor, como raios solares ou fogões. Não os encoste nas paredes ou em móveis;
- Não abra a porta da geladeira sem necessidade. Crie o hábito de colocar ou retirar os alimentos de uma só vez;
- No inverno regule o dial em posição mais baixa. Consulte o manual do fabricante para saber a regulagem correta;
- Evite colocar alimentos ainda quentes dentro deles para não exigir mais do motor;
- Não forre as prateleiras com plásticos, vidros ou qualquer outro material. Coloque os alimentos de forma a facilitar ao máximo a circulação do ar;
- Coloque os alimentos de acordo com a disposição recomendada pelo fabricante. Geralmente as carnes mais próximas do congelador e as verduras na parte de baixo;
- Os líquidos (água, refrigerantes, etc) devem ser colocados em recipientes fechados;
- Degele o refrigerador seguindo as recomendações do fabricante;
- Nunca coloque panos ou plásticos na parte traseira do refrigerador;
- A borracha de vedação deve funcionar adequadamente, a fim de evitar fuga de ar frio.

7.3.2 - Aquecimento de Água

Cerca de 20% do consumo de energia elétrica (kWh) de uma residência são gastos em aquecimento de água, principalmente para banho.

As principais medidas de economia de energia elétrica dos aparelhos normalmente utilizados para este fim, são:

7.3.2.1 - Chuveiro elétrico

Sua potência normalmente varia de 3500 a 7000 kW, dependendo do modelo. Quanto maior a potência, maior será o consumo de energia elétrica (kWh).

- Nos dias quentes, o chuveiro deve ser utilizado com a chave na posição “Verão”. O consumo de energia é cerca de 30% menor com a chave nesta posição;
- Banhos demorados são mais dispendiosos. O tempo de uso da água quente deve ser limitado ao mínimo. Procure ensaboar com o chuveiro desligado;
- Não deve ser reaproveitada uma resistência “queimada”, pois acarretará aumento de consumo
- Os orifícios de saída de água do chuveiro devem ser limpos periodicamente.

7.3.2.2 - Aquecedor Elétrico de Água

- Antes de adquirir um aquecedor central elétrico de água, certifique-se de que sua capacidade corresponde, realmente, às necessidades e ao tamanho de sua família. Consulte o fabricante;
- Instalar o aquecedor central em local mais próximo dos pontos de onde será utilizada a água quente;
- Deverá ser aplicado isolamento térmico no aquecedor e em todas as canalizações, para a água quente não se resfrie rapidamente;
- Nunca ligar o aquecedor à rede elétrica sem ter certeza de que ele está cheio d'água. Para isso, deve verificar se sai água das torneiras de água quente;
- Quando usar o aparelho, ajustar o termostato de acordo com a temperatura ambiente. Se água estiver muito quente, deverá ser misturada água fria para não se queimar e isso será desperdício de energia;
- No verão, regular o termostato do aquecedor para uma temperatura menor, reduzindo, assim, seu tempo de funcionamento;
- Cuidado com o vazamento de água quente. Isto pode representar mais de mil litros de água quente e dezenas de kWh por mês;
- Ligar o aquecedor apenas o tempo necessário, de acordo com os hábitos da família. É recomendado instalar um "timer" para tornar automatizar a tarefa de liga/desliga do aquecedor;
- Fechar as torneiras ao ensaboar-se;
- Em caso de viagem, deve ser desligado o aquecedor central.

7.3.2.3 - Torneira Elétrica

É um conforto que consome bastante energia elétrica, sendo quase a mesma que um chuveiro elétrico comum. Portanto deve ser usada racionalmente. No verão, quando a água, em geral, já é quente, deve ser evitado o seu uso.

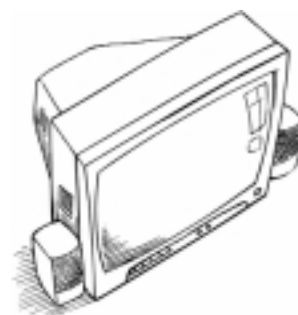
7.3.2.4 - Aquecimento de Água Através da Energia Solar

A utilização da energia solar, através de coletores solares para o aquecimento de água, tem proporcionado economias significativas de energia elétrica (kWh).

Se a residência tiver aquecedor central elétrico de água, a energia solar poderá ser uma boa opção de substituição.

Para tanto, deve-se procurar as firmas especializadas e com experiência comprovada. Ver subitem 5.3.1.1 página 137.

7.3.3 - Televisor

- Não deixar o televisor ligado sem necessidade. Desligar o aparelho quando ninguém estiver assistindo;
- Deve-se evitar o hábito de dormir com o televisor ligado. Procurar usar o recurso de programação “timer” da TV.

7.3.4 - Ferro Elétrico

- Aquecimento do ferro elétrico várias vezes ao dia provoca um desperdício muito grande de energia elétrica. Por isso, deve-se acumular a maior quantidade possível de roupa, para ser passada toda de uma só vez;
- Com os ferros automáticos, deve ser usada a temperatura indicada para cada tipo de tecido. Devem ser passadas primeiramente, as roupas que requeiram temperaturas mais baixas;
- Sempre que houver necessidade de se interromper o serviço, o usuário não deve se esquecer de desligar o ferro, pois, além de poupar energia, ainda evitará o risco de provocar algum acidente grave.

7.3.5 - Condicionador de Ar

Esses aparelhos dependendo do modelo, podem refrigerar e/ou aquecer ambientes. Assim como as geladeiras e freezers, estes equipamentos quando mais eficientes, também têm Selo PROCEL de Economia de Energia. Ver subitem 1.14.3 página 37.

- O aparelho deve ser instalado em local com boa circulação de ar e abrigado da incidência de raios solares;
- As portas e janelas dos cômodos devem ser mantidas bem fechadas, para evitar a entrada de ar do ambiente externo;
- Os filtros devem ser limpos periodicamente. Filtros sujos impedem a circulação livre de ar e forçam o aparelho a trabalhar mais;
- O condicionador de ar deve ser desligado sempre que o ambiente ficar vazio por tempo prolongado;
- No Verão, o ambiente não deve ser refrigerado excessivamente; ou seja, regulando o termostato adequadamente;
- Locais refrigerados ou aquecidos com temperaturas muito diferentes da temperatura ambiente, gastam muita energia e podem ser prejudiciais à saúde.

7.3.6 - Máquina de Lavar Louça

- Deve ser utilizada sempre em sua capacidade máxima, evitando ligá-la com pouca louça;
- Os filtros devem ser mantidos limpos de resíduos;
- O detergente deve ser usado na quantidade indicada no Manual do fabricante.

7.3.7 - Máquina de Lavar Roupa

- Deve-se lavar, de uma só vez, a quantidade (peso) máxima de roupa indicada pelo fabricante, resultando em economia de energia e de água;
- O filtro da máquina deve ser limpo com freqüência;
- Deve ser observada a dosagem correta de sabão especificada pelo fabricante, para que não se tenha que repetir a operação "enxaguar";
- As instruções do manual do fabricante devem ser observadas, para se tirar o máximo proveito da máquina de lavar.

7.3.8 - Secadora de Roupa

- O tempo de funcionamento da secadora deve ser regulado de acordo com a temperatura necessária à secagem dos diversos tipos de tecidos, conforme o manual do fabricante;
- A secadora deve ser sempre usada em sua capacidade máxima;
- O filtro de ar deve ser limpo periodicamente.

7.4 - Horário de Ponta ou de "Pico"

No sistema elétrico, o período compreendido entre 17 e 22 horas, nos dias úteis é denominado Horário de Ponta ou de "Pico".

Por que ele é assim chamado?

Porque é nesse período que aumenta o consumo de eletricidade. Além das luzes das residências, dos escritórios continuarem ligadas, as indústrias, os hospitais e o comércio continuarem funcionando, é o horário em que as luzes das casas e das ruas se acendem, e que as pessoas tomam banho e ligam a televisão, etc.

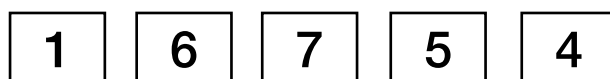
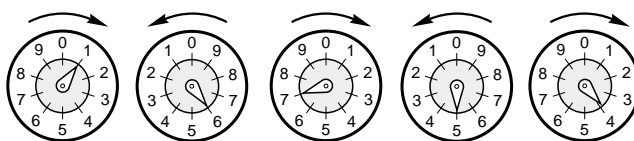
Isso provoca um consumo de energia elétrica ao mesmo tempo, gerando uma sobrecarga no sistema elétrico, podendo causar problemas no fornecimento de energia.

No Horário de Ponta, deve ser evitado o uso de determinados aparelhos, como chuveiro elétrico, ferro elétrico, máquina de lavar roupa, secadora, etc, que podem ser utilizados em outro período do dia, contribuindo para que se reduzam os investimentos no sistema elétrico, o que irá refletir na tarifa. Sempre que possível, use estes aparelhos fora do Horário de Ponta.

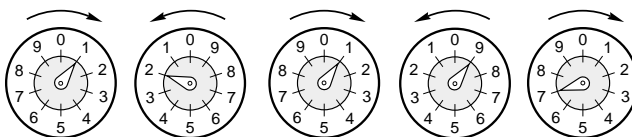
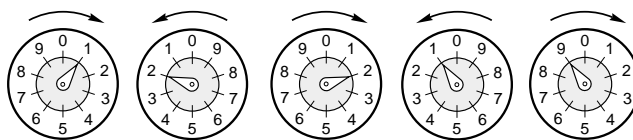
7.5 - Leitura e Controle do Consumo de Energia Elétrica

A leitura no medidor do consumo de energia elétrica (kWh), é feita mensalmente. A CEMIG acha importante que o consumidor acompanhe o seu próprio consumo e saiba controlá-lo.

Existem dois tipos de medidor de energia (ou relógio).

1º tipo: aquele que funciona como um medidor de quilometragem de automóvel. Nesse caso, os números que aparecem no visor já indicam a leitura: 16.754.

2º tipo: aquele que tem quatro ou cinco círculos com números, sendo que cada círculo é semelhante a um relógio. Nesse caso, os ponteiros existentes dentro de cada círculo indicam a leitura. Esses ponteiros movimentam-se sempre na ordem crescentes dos números. Quando estão entre dois números, deve-se considerar sempre o número menor. No exemplo a seguir o medidor marca 16.754.

O consumo de energia elétrica (kWh) de uma residência, pode ser verificado em qualquer período: por hora, dia, semana ou mês. A leitura da CEMIG é mensal. O consumo de energia elétrica durante uma semana, pode ser determinada da seguinte forma:

Exemplo: Anotar o dia e os valores indicados da seguinte forma:

- Segunda-feira: a leitura é 12197

- Domingo: a leitura é 12219

A diferença entre estes valores multiplicada pela constante do medidor (normalmente igual a 1, conferir na Fatura de Energia) vai ser o equivalente ao consumo da semana.

Consumo = (12219 - 12197) x 1 = **22 kWh** (quilowatt-hora)

7.5.1 – Estimativa do Consumo de Energia Elétrica

O consumo mensal de sua residência pode ser estimado observando o tempo de uso dos eletrodomésticos e suas respectivas potências.

A Tabela 7.5 a seguir, fornece alguns exemplos de potências encontradas nos principais eletrodomésticos, bem como uma estimativa de consumo para um tempo de uso médio.

No Anexo 6 (página 216), encontra-se a Tabela “Potência Média de Aparelhos Elétricos”. No Anexo 7 (página 217), encontra-se também, uma Tabela de “Características de Motores Elétricos”.

Equipamentos	Potência Média (W)	Tempo médio de Utilização	Consumo Mensal (kWh)
Chuveiro Elétrico	4.400	8 minutos/banho 2 banhos/dia	35,2
Ferro Elétrico	1.000	3 horas/dia 1 vez/semana	12
Geladeira (1 porta)	120	Uso contínuo	35
Televisor 20 polegadas	80	6 horas/dia	14,4
Lâmpada Incandescente de 150 W	150	4 horas/dia	18

Tabela 7.5

Para calcular o consumo médio mensal de energia elétrica de cada eletrodoméstico, primeiro dever ser verificado a potência em Watts na placa de identificação do aparelho.

Em seguida multiplique a potência encontrada pelo número de horas em que o aparelho foi utilizado no mês. Para isso, aplique a seguinte expressão:

$$\textbf{Consumo (kWh)} = \frac{\textbf{Potência (W) x Horas/Dia x Dias/Mês}}{\textbf{1.000}}$$

Exemplo: Um ferro elétrico de 1.000 W, que é utilizado 1 hora por dia, 3 vezes por semana (12 dias por mês):

$$\textbf{Consumo (kWh)} = \frac{\text{1.000W x 1 Hora x 12 Dias(no mês)}}{\text{1.000}} = \textbf{12 kWh/mês}$$

Deve-se somar os resultados encontrados para cada aparelho e lâmpadas, a fim de obter o consumo de energia elétrica médio mensal aproximado de sua residência.

7.6 - Dicas de Segurança

- Se uma pessoa tiver alguma dúvida, é melhor procurar não consertar a instalação elétrica ou um equipamento. Procurar uma pessoa especializada no assunto.
- Quando uma pessoa for fazer algum reparo na instalação de sua casa, deve ser desligado o disjuntor ou chave geral.
- Não ligar muitos aparelhos elétricos na mesma tomada, através de “benjamins”, pois isto provoca aquecimento nos fios, desperdiçando energia e podendo causar curtos-circuitos.
- Nunca mexer no interior da televisão, mesmo que ela esteja desligada.
- Nunca mexer em aparelhos elétricos com as mãos molhadas ou com os pés em lugares úmidos.
- Ao ser trocada uma lâmpada, não tocar na parte metálica da lâmpada e se possível, também não tocar na luminária.
- Nunca trocar uma lâmpada com as mãos, os pés ou qualquer parte do corpo, molhados. Em banheiros, cozinhas, áreas de serviço, ou similares, o cuidado deve ser redobrado.
- Não colocar facas, garfos ou qualquer objeto de metal dentro de aparelhos elétricos ligados.
- Nas sacadas próximas a rede elétrica, todo o cuidado é pouco quanto alguém está manuseando grandes objetos, tais como escadas, antenas de TV, trilhos, varas, etc.
- Quando tem crianças em casa, todo cuidado é pouco. Não deixar que elas mexam em aparelhos elétricos ligados, toquem em fios e, muito menos ponham os dedinhos nas tomadas.

8 - ANEXOS

CONVERSÃO DE UNIDADES - ANEXO 1

UNIDADES	MULTIPLICAR POR	UNIDADE OBTIDA
	POTÊNCIA	
HP	0,7457	kW
kW	1,341	HP
cv	0,7355	kW
kW	1,36	cv
HP	1,014	cv
cv	0,986	HP
	VOLUME	
litro	1,0	dm^3
dm^3	1,0	litro
pol^3	16,387	cm^3
cm^3	0,061	pol^3
$pé^3$	0,0283	m^3
m^3	35,31	$pé^3$
Galão americano	3,785	litro
litro	0,264	Galão americano
	ÁREA	
Circular mil	0,00051	mm^2
mm^2	1.973,5	Circular mil
pol^2	0,00065	m^2
m^2	1.550,0	pol^2
$pé^2$	0,0929	m^2
m^2	10,764	$pé^2$
	COMPRIMENTO	
pol	0,0254	m
m	39,37	pol
pé	0,3048	m
m	3,281	pé
Milha terrestre	1,609	km
km	0,621	Milha terrestre
	PESO	
libra	0,4536	kg
kg	2,204	libra
kg/m	0,672	libra
libra/pé	1,488	kg/m
	OUTRAS UNIDADES	
$libra/pol^2$	0,0703	kg/cm^2
kg/cm^2	14,22	$libra/pol^2$
Ω / 1.000 pé	3,281	Ω / km
Ω / km	0,3048	Ω / 1.000 pé
g/cm^3	0,03613	$libra/pol^3$
$libra/pol^3$	27,68	g/cm^3
Watt hora	3.600,0	Joule
Joule	0,00028	Watt hora
Caloria grama	4,186	Joule
Joule	0,2389	Caloria grama
km/h	0,277	m/s
m/s	3,6	km/h

ANEXO 2

FÓRMULAS PRÁTICAS					
Calcular	Corrente Contínua	Corrente Alternada			
		Fase Neutro	Fase Fase	2 Fases Neutro	3 Fases
Ampère (A)	$\frac{cv \times 735{,}5}{U \times \eta}$	$\frac{cv \times 735{,}5}{U_{FN} \times \eta \times \cos\varnothing}$	$\frac{cv \times 735{,}5}{U_{FF} \times \eta \times \cos\varnothing}$	—	$\frac{cv \times 735{,}5}{\sqrt{3} \times U_{FF} \times \eta \times \cos\varnothing}$
Ampère (A)	$\frac{kW \times 1.000}{U}$	$\frac{kW \times 1.000}{U_{FN} \times \cos\varnothing}$	$\frac{kW \times 1.000}{U_{FF} \times \cos\varnothing}$	$\frac{kW \times 1.000}{2 \times U_{FN} \times \cos\varnothing}$	$\frac{kW \times 1.000}{\sqrt{3} \times U_{FF} \times \cos\varnothing}$
Ampère (A)	$\frac{kVA \times 1.000}{U}$	$\frac{kVA \times 1.000}{U_{FN}}$	$\frac{kVA \times 1.000}{U_{FF}}$	$\frac{kVA \times 1.000}{2 \times U_{FN}}$	$\frac{kVA \times 1.000}{\sqrt{3} \times U_{FF}}$
kW	$\frac{I \times U}{1.000}$	$\frac{U_{FN} \times I \times \cos\varnothing}{1.000}$	$\frac{U_{FF} \times I \times \cos\varnothing}{1.000}$	$\frac{U_{FN} \times I \times 2 \times \cos\varnothing}{1.000}$	$\frac{\sqrt{3} \times U_{FF} \times I \times \cos\varnothing}{1.000}$
kVA	$\frac{I \times U}{1.000}$	$\frac{I \times U_{FN}}{1.000}$	$\frac{I \times U_{FF}}{1.000}$	$\frac{I \times 2 \times U_{FN}}{1.000}$	$\frac{\sqrt{3} \times U_{FF} \times I}{1.000}$
cv	$\frac{I \times U \times \eta}{735{,}5}$	$\frac{U_{FN} \times I \times \eta \times \cos\varnothing}{735{,}5}$	$\frac{U_{FF} \times I \times \eta \times \cos\varnothing}{735{,}5}$	—	$\frac{\sqrt{3} \times U_{FF} \times I \times \eta \times \cos\varnothing}{735{,}5}$

U = Tensão entre o polo Positivo e o polo Negativo (Corrente Contínua - CC) (V)
U_{FN} = Tensão entre a Fase e o Neutro (V)
U_{FF} = Tensão entre Fases (V)
I = Corrente em Ampères (A)
η = Rendimento do Motor
cosØ = Fator de Potência

Nota: Essas fórmulas não se aplicam à máquinas de solda com transformador em ligações trifásicas.

ANEXO 3

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO

Portaria n.º 27, de 18 de fevereiro de 2000

Estabelece os requisitos obrigatórios para a comercialização dos dispositivos elétricos residenciais de baixa tensão, em todo território Nacional.

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO, no uso de suas atribuições legais, conferidas pela Lei n°5.966, de 11 de dezembro de 1973;

Considerando a necessidade de zelar pela segurança das instalações elétricas de baixa tensão, foco de incêndios e de diversos acidentes residenciais;
Considerando o Decreto Presidencial n.° 97.280, de 16 de dezembro de 1988, que padroniza as tensões nominais de distribuição em 127V e 220V;
Considerando a existência, no mercado, de grande variedade de dispositivos elétricos residenciais de baixa tensão, industrializados em desacordo com as normas técnicas, o que os torna impróprios para o uso, resolve baixar Portaria com as seguintes disposições:

Art. 1° - Esta Portaria abrange exclusivamente os dispositivos elétricos de baixa tensão para uso residencial, discriminados a seguir: chaves do tipo faca com ou sem fusíveis, bases para fusíveis, fusíveis, reatores eletromagnéticos e eletrônicos, estárteres, receptáculos para lâmpadas fluorescentes e incandescentes, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas incandescentes, interruptores, variadores de luminosidade, plugues, plugues de três saídas (benjamim ou tipo T), tomadas e adaptadores, tomadas múltiplas, fios, cabos e cordões flexíveis, extensões, filtros de linha, disjuntores, lustres e luminárias, blocos autônomos de iluminação e conectores.

Art. 2º - Os parafusos, rebites, ilhoses, pinos, molas e dispositivos, destinados exclusivamente à fixação das partes condutoras ao corpo do produto ou do condutor ao terminal, poderão ser de material ferroso.

Art. 3° - As partes condutoras e os parafusos, destinados à condução de energia elétrica, deverão ser de cobre ou liga de cobre, não sendo permitidas ligas ferrosas.

Art. 4° - Até publicação de norma técnica específica, ficam dispensados, do atendimento ao disposto no artigo 3º, os pinos de contato das lâmpadas dicróicas e halógenas.

Art. 5° - Os produtos que contenham outras ligas poderão ser comercializados, desde que tenham sido certificados no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação (SBC).

Art. 6° - Para os fins desta Portaria, será considerado dispositivo de baixa tensão, para uso residencial, aquele com corrente nominal até 63A.

Art. 7° - Os dispositivos elétricos utilizados em instalações elétricas residenciais, de baixa tensão, até 750 V, comercializados no País, deverão ter as respectivas inscrições obrigatórias, previstas nesta Portaria, quando possível, no corpo do produto e, em qualquer caso, na embalagem, em local de fácil visualização, de forma nítida, indelével e permanente, e a tensão a que se destinam de acordo com as tensões padronizadas pelo Decreto Presidencial n.º 97.280, de 16 de dezembro de 1988.

Art. 8° - As chaves do tipo faca, com ou sem fusíveis, fusíveis e bases para fusíveis deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) a corrente nominal em Ampère (A).

Art. 9° - Os reatores eletromagnéticos deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) a potência em Watt (W);
d) o fator de potência (Fp ou PF);
e) a temperatura máxima de trabalho (tw) em graus Celsius (°C);
f) a elevação de temperatura permitida (At) em graus Celsius (°C).

Art. 10 - Os reatores eletrônicos deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) a potência em Watt (W);
d) o fator de potência (Fp ou PF);
e) o valor máximo de temperatura permissível na superfície externa da carcaça (tc) em graus Celsius (°C).

Art. 11 - Os estárteres deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a potência das lâmpadas em Watt (W).

Parágrafo único - Os contatos dos estarteres também poderão ser de alumínio.

Art. 12 - Os receptáculos para lâmpadas fluorescentes deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a potência em Watt (W).

Art. 13 - Os receptáculos para lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, do tipo EDSON (rosca), deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) a potência em Watt (W) ou corrente nominal em Ampère (A).

§ 1° - Os receptáculos deverão possuir um sistema de travamento contra rotação acidental quando da colocação ou retirada da lâmpada.

§ 2° - Os terminais dos receptáculos deverão estar protegidos para evitar o contato acidental do usuário com as partes condutoras.

§ 3° - A rosca dos receptáculos não pode ser acessada externamente, bem como deverá ter profundidade suficiente para permitir o total encaixe do casquilho da lâmpada.

§ 4° - Não serão abrangidos, por esta Portaria, os receptáculos cujas características construtivas especiais determinem sua utilização exclusiva em um equipamento ou aparelho eletrodoméstico.

Art. 14 - As lâmpadas fluorescentes deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;

b) a potência nominal em Watt (W).

§ 1° - Os casquilhos das lâmpadas fluorescentes compactas, com reator integrado, do tipo EDSON (rosca), poderão ser de alumínio.

§ 2°- As lâmpadas fluorescentes compactas, com reator integrado, deverão, além do especificado neste artigo, observar o disposto no artigo 4° ou no artigo 5°, desta Portaria, de acordo com a sua especificação.

§ 3°- As lâmpadas fluorescentes compactas, com reator integrado, poderão ser comercializadas pelos fabricantes até 30 de junho de 2000, sem a indicação exigida no parágrafo segundo deste artigo, no corpo do produto. Esta exigência deverá ser verificada, no comércio, a partir de 01 de janeiro de 2001. Estas informações poderão ser dadas por meio de etiquetas auto adesivas, indeléveis e permanentes.

Art. 15 - As lâmpadas incandescentes deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;

b) a tensão a que se destinam em Volt (V);

c) a potência em Watt (W).

Parágrafo Único - Os casquilhos das lâmpadas incandescentes, do tipo EDSON (rosca), também poderão ser de alumínio.

Art. 16 - Até a publicação da norma técnica específica, os pinos de contato das lâmpadas dicróicas e halógenas estarão dispensados de atender ao disposto no artigo 3º, desta Portaria.

Art.17 - Os interruptores, variadores de luminosidade, plugues, plugues de três saídas (benjamim ou tipo T), tomadas e adaptadores deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome , a marca ou o logotipo do fabricante;

b) a tensão a que se destinam em Volt (V);

c) a potência em Watt (W) ou a corrente nominal em Ampère (A).

Parágrafo único - Não serão abrangidos, por esta Portaria, os interruptores cujas características construtivas especiais determinem sua utilização exclusiva em um equipamento ou aparelho eletrodoméstico.

Art. 18 - As tomadas múltiplas, internamente interligadas, constituídas apenas de tomadas fêmeas, deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;

b) a tensão a que se destinam em Volt (V),marcada opcionalmente em cada tomada;

c) a corrente nominal em Ampère (A), marcada opcionalmente em cada tomada.

Parágrafo único – Deverá conter também a expressão “potência máxima” do conjunto e sua indicação em Watt (W) ou “carga máxima”, ou “corrente máxima” do conjunto, e sua indicação em Ampère (A).

Art. 19 - Os fios, cabos e cordões flexíveis, que possuam seção nominal igual ou maior que 1,5mm˝, deverão conter, indicadas no isolamento, a cada 50 cm, as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a denominação do produto (fio, cabo ou cordão flexível);
c) a seção nominal em milímetro quadrado (mm˝);
d) a tensão de isolamento a que se destinam em Volt (V);
e) o número da norma brasileira (NBR).

Parágrafo único- Os produtos referidos no “caput”, quando pré-medidos, deverão conter, na embalagem, rótulo ou etiqueta, a indicação de seu comprimento em unidades legais, seus múltiplos e submúltiplos.

Art. 20 - As extensões, incluindo as injetadas, deverão atender individualmente ao especificado nas disposições, a elas pertinentes, desta Portaria, e, quando pré-medidas, a indicação da quantidade nominal em unidades legais de comprimento, seus múltiplos e submúltiplos.

§ 1º - As extensões, com comprimento nominal de até 2(dois) metros, deverão ter seção nominal mínima de 0,5 mm˝. Acima de 2 (dois) metros, a menor seção nominal deverá ser de 0,75 mm˝, respeitando-se a corrente nominal do conjunto.

§ 2º - Os cordões e cabos flexíveis com plugue, para reposição em aparelhos eletrodomésticos, comercializados avulsos e sem embalagem de fábrica, não precisarão ter a indicação do comprimento nominal.

§ 3º - A embalagem deverá apresentar a seção nominal do condutor.

Art. 21 - Os filtros de linha, incluindo os injetados, deverão atender, individualmente, ao especificado nos artigos 17, 18 e 19, e conter a expressão “potência máxima” do conjunto e sua indicação em Volt Ampère (VA) ou “carga máxima”, ou “corrente máxima”, do conjunto, e sua indicação em Ampère (A).

Art. 22 - Os disjuntores deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou o logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) a corrente nominal em Ampère (A);
d) a capacidade de interrupção em Ampère (A);
e) o número da norma brasileira (NBR) ou internacional (IEC).

§ 1° - Os bornes dos disjuntores poderão ser de alumínio ou liga de alumínio, desde que atendam às NBR IEC 60898, NBR IEC 60947-2 e NBR 5361.

§ 2° - No caso de disjuntores, não será exigida a indicação da unidade Ampère (A) junto ao valor numérico da corrente nominal.

Art. 23 - Os lustres e luminárias deverão atender, individualmente, ao especificado nas disposições pertinentes, desta Portaria.

§ 1° - Os lustres e luminárias deverão ter a identificação do fabricante, importador ou montador e conter a expressão “potência máxima”, referente ao conjunto das lâmpadas a que se destinam, expressa em Watt (W).

§ 2° - As informações, aludidas no parágrafo anterior, poderão ser gravadas em local visível do próprio produto ou indicadas por meio de etiquetas.

§ 3° - Os lustres e luminárias poderão ser comercializados até 30 de junho de 2000 sem as indicações solicitadas no parágrafo primeiro.

Art. 24 - Os blocos autônomos de iluminação deverão conter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou logotipo do fabricante;
b) a tensão a que se destinam em Volt (V);
c) o fluxo luminoso nominal com difusor em lúmem (lm);
d) a autonomia com fluxo luminoso nominal em hora (h);
e) a capacidade da bateria Ampère hora (Ah);
f) a tensão nominal da bateria em Volt (V).

Art. 25 - Os conectores deverão ter as seguintes indicações:

a) o nome, a marca ou logotipo do fabricante;
b) a tensão em Volt (V);
c) a seção nominal máxima do fio ou cabo, que pode ser conectado, em milímetro quadrado (mm´).

Art. 26 - A partir de 30 de junho de 2000, os dispositivos elétricos, de baixa tensão, deverão ostentar as unidades de medida estabelecidas pelo Sistema Internacional de Unidades.

Art. 27 - É vedada a utilização de ligas ferrosas nos produtos e equipamentos referidos nesta Portaria.

Art. 28 - A fiscalização do cumprimento das disposições contidas nesta Portaria, em todo o território nacional, ficará a cargo do INMETRO e das entidades de direito público com ele conveniadas.

Art. 29 - A inobservância das prescrições compreendidas na presente Portaria acarretará a aplicação, a seus infratores, das penalidades previstas nos artigos 8º e 9º, da Lei n.° 9.933, de 20 de dezembro de 1999.

Art. 30 - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

MARCO ANTONIO A. DE ARAÚJO LIMA
Presidente do INMETRO

DOU/22/02/2.000

ANEXO 4

CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES ISOLADOS EM PVC / 70 °C

(VALORES MÉDIOS)

Seção Nominal (mm^2)	Condutor (metal) mais a Isolação			Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)
	Diâmetro (mm)	Seção (mm^2)	Peso (kg/km)			
0,5	2,1	3,5	9	14	27,78	0,234
1	2,5	4,9	15	27	14,87	0,221
1,5	3,0	7,1	22	41	10,32	0,214
2,5	3,7	10,8	34	67	6,51	0,206
4	4,2	13,9	50	107	4,26	0,199
6	4,7	17,3	69	159	2,96	0,192
10	6,1	29,2	120	262	1,87	0,185
16	7,2	40,7	180	416	1,22	0,178
25	8,9	62,2	280	644	0,868	0,172
35	10,5	86,6	380	897	0,604	0,168
50	12,0	113,1	505	1273	0,438	0,163
70	13,5	143,1	705	1772	0,324	0,159
95	16,0	201,1	958	2391	0,246	0,155

ANEXO 5

POTÊNCIA ELÉTRICA MÉDIA (WATTS) DE APARELHOS ELÉTRICOS

APARELHO	POTÊNCIA (WATTS)	APARELHO	POTÊNCIA (WATTS)
Aquecedor de Água por Acumulação	2.000	Forno de Micro Ondas	1.000
Aquecedor de Água de Passagem	6.000	Freezer horizontal	500
Aquecedor de Ambiente	1.000	Freezer vertical	300
Aspirador de Pó	600	Geladeira simples	250
Batedeira	100	Geladeira duplex	500
Bomba de Água	400	Grill	1.200
Cafeteira Elétrica (Residencial)	600	Impressora	45
Churrasqueira Elétrica	3.000	Liqüidificador	200
Chuveiro Elétrico	4.400	Máquina de Costura	100
Computador	300	Máquina lavar louça	1.500
Condicionador de Ar	1.400	Máquina lavar roupa	1.000
Conjunto de som – Mini System	150	Projetor de slides	200
Cortador de Gramas	1.300	Rádio Grávador	30
Ebulidor	1.000	Rádio relógio	10
Enceradeira	300	Secador de cabelo	1.000
Espremedor de Frutas	200	Secadora de roupa	3.500
Exaustor	150	Televisor 21”	90
Ferro Elétrico	1.000	Torneira Elétrica	2.500
Fogão Elétrico 2 Bocas	3.000	Torradeira	800
Fogão Elétrico de 4 Bocas	6.000	Ventilador	100
Forno Elétrico Pequeno	1.500	Vídeo cassete	20
Forno Elétrico Grande	4.500	Vídeo game	20

ANEXO 6

CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ELÉTRICOS

POTÊNCIA (cv)	POTÊNCIA Absorvida da Rede (aproximada) (kW)	FATOR DE POTÊNCIA cos Ø (aproximado)	RENDIMENTO (η) (aproximado)	CORRENTE A PLENA CARGA (aproximada) (A)
Monofásicos – 127 Volts				
1/4	0,39	0,63	0,47	4,9
1/2	0,66	0,72	0,56	7,4
3/4	0,89	0,72	0,62	9,7
1	1,10	0,74	0,67	11,7
1,5	1,58	0,82	0,70	15,2
2	2,07	0,85	0,71	19,2
5	4,91	0,94	0,75	41,1
7,5	7,46	0,94	0,74	62,5
10	9,44	0,94	0,78	79,1
12,5	12,10	0,93	0,76	102,4
Trifásicos – 220 Volts				
1/4	0,33	0,69	0,55	1,2
1/3	0,41	0,74	0,60	1,5
1/2	0,57	0,79	0,65	1,9
3/4	0,82	0,76	0,67	2,8
1	1,13	0,82	0,65	3,7
1,5	1,58	0,78	0,70	5,3
2	1,94	0,81	0,76	6,3
5	4,78	0,85	0,77	15
7,5	6,90	0,85	0,80	21
10	9,68	0,90	0,76	26
12,5	11,79	0,89	0,78	35
15	13,63	0,91	0,81	39
20	18,40	0,89	0,80	54
25	22,44	0,91	0,82	65
30	26,93	0,91	0,82	78
50	44,34	0,90	0,83	125
60	51,35	0,89	0,86	145
75	62,73	0,89	0,88	180